

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 629.065

doi: 10.30987/2782-5957-2025-7-63-71

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОДХОД К УВЕЛИЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ СЛИВНЫХ ПРИБОРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЦИСТЕРН ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ И СНИЖЕНИЮ РИСКОВ ИХ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ РАЗЛИВОВ В ПУТИ СЛЕДОВАНИЯ

Олег Сергеевич Кузьмин<sup>1</sup>, Андрей Николаевич Луценко<sup>2</sup>, Елена Сергеевна Куликова<sup>3✉</sup>, Елена Альбертовна Антонычева<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС)

<sup>3</sup>Тихоокеанский государственный университет (ТОГУ)

<sup>1</sup>readheadunit@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-5301-9231>

<sup>2</sup>andyhab@mail.ru

<sup>3</sup>kulikovaes@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2125-8177>

<sup>4</sup>antonycheva64@mail.ru

### Аннотация

Перевозка нефтепродуктов железнодорожным видом транспорта тесно сопряжена с постоянным присутствием рисков нанесения ущерба окружающей среде, которое зачастую выражено в несанкционированных разливах перевозимых грузов в результате тяжелых аварий, либо капельныхтечей, преимущественно происходящих в сливных приборах железнодорожных цистерн. В этой связи, вопрос снижения рисков возникновения таких случаев является особо значимым как в вопросе защиты окружающей среды от загрязняющего воздействия в результате реализации перевозочного процесса, так и в вопросе потерь ценного энергетического сырья.

Цель исследования – определить причины и механизмы, снижающие эксплуатационную надежность сливных узлов железнодорожных цистерн и разработать технические решения по их увеличению.

Актуальность работы обеспечена продолжающейся тенденцией к несанкционированным разливам нефтепродуктов, происходящих в пути их следований. Научная новизна заключается в применении инновационного подхода к модернизации конструктивных элементов подвижного состава, перевозящего нефтепродукты, в сторону обеспечения сохранности груза и защиты окружающей среды. Практическая значимость работы заключается в решении актуальных проблем неисправностей сливных систем железнодорожных цистерн за счет предложений по использованию инновационных решений, адаптированных из опыта сооружения и эксплуатации технологических трубопроводов для нефти, газа и продуктов их переработки.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, нефтепродукты, цистерна, разлив, транспортные системы, окружающая среда, устройства, тампонирование.

### Ссылка для цитирования:

Кузьмин О.С. Альтернативный подход к увеличению надежности сливных приборов железнодорожных цистерн для перевозки нефтепродуктов и снижению рисков их несанкционированных разливов в пути следования / О.С. Кузьмин, А.Н. Луценко, Е.С. Куликова, Е.А. Антонычева // Транспортное машиностроение. – 2025. - № 7. – С. 63-71. doi: 10.30987/2782-5957-2025-7-63-71.

Original article

Open Access Article

## AN ALTERNATIVE APPROACH TO INCREASE THE RELIABILITY OF RAILWAY TANK DRAIN DEVICES FOR TRANSPORTATION OF PETROLEUM PRODUCTS AND TO REDUCE RISKS OF THEIR UNAUTHORIZED SPILLS EN ROUTE

Олег Сергеевич Кузьмин<sup>1</sup>, Андрей Николаевич Луценко<sup>2</sup>, Елена Сергеевна Куликова<sup>3✉</sup>,  
Елена Альбертовна Антонычева<sup>4</sup>

© Кузьмин О. С., Луценко А. Н., Куликова Е. С., Антонычева Е. А., 2025

## Abstract

Transportation of petroleum products by rail is closely associated with the constant presence of risks of environmental damage, which is often connected with unauthorized spills of transported goods as a result of severe accidents or drip leaks, mainly occurring in the drains of railway tanks. In this regard, the problem of reducing the risks of such cases is particularly important both for protecting the environment from polluting effects as a result of the transportation process, and regarding losses of valuable energy raw materials. The study objective is to find out the causes and mechanisms that reduce the operational reliability of drain units of railway tanks and to develop technical solutions to increase them.

The relevance of the work is ensured by the continuing trend towards unauthorized spills of petro-

leum products occurring along their route. The scientific novelty is in the application of an innovative approach to the modernization of structural elements of rolling stock transporting petroleum products, in the direction of cargo safety and environmental protection. The practical significance of the paper is in solving urgent problems of malfunctions of railway tank drain devices by proposing the use of innovative solutions adapted from the experience of the construction and operation of technological pipelines for oil, gas and their refinery products.

**Keywords:** railway transport, petroleum products, tank, spill, transport systems, environment, devices, plugging.

## Reference for citing:

Kuzmin OS, Lutsenko AN, Kulikova ES, Antonicheva EA. An alternative approach to increase the reliability of railway tank drain devices for transportation of petroleum products and to reduce the risks of their unauthorized spills en route. *Transport Engineering*. 2025;7:63-71. doi: 10.30987/2782-5957-2025-7-63-71.

## Введение

Перевозка нефтепродуктов железнодорожным видом транспорта отмечается одной из наиболее экологически опасных на всех этапах ее реализации [1, 2]. Это прежде всего выражено в несанкционированных разливах продуктов нефтепереработки. Наиболее упоминаемым источником загрязнения являются разливы, происходящие на этапе следования опасного груза [3–5].

Основными причинами таких разливов, выделяются механические повреждения цистерн железнодорожных цистерн в результате их схода с рельс с последующим опрокидыванием [6].

Распространенными причинами таких аварийных ситуаций являются ошибки лиц, ответственных за перевозки либо обеспечение надлежащего технического состояния парка железнодорожных цистерн, а также состояние железнодорожного пути [7]. При этом наибольшая доля таких инцидентов при перевозке нефтепродуктов особенно велика на Дальневосточной железной дороге [8].

Согласно [9] за период с января 2020 по апрель 2024 г. по направлению Хабаровск – Комсомольск-на-амуре ДВЖД зарегистрировано 49 инцидентов, связанных с утечкой нефтепродуктов из железнодорожных цистерн. Не стоит упускать из внимания и возникновение таких аварий в результате совершения террористической деятельности, а также различного рода диверсий, что особенно актуально в современных реалиях [9].

Однако вышеперечисленные причины скорее относятся к крайним проявлениям аварий, нежели рядовыми нештатными ситуациями.

Вместе с тем в ходе реализации этапа следования груза необходимо отметить несанкционированные выходы нефтепродуктов в результате капельных течей, возникающих при частичной разгерметизации сливных приборов по причине механических, либо химических воздействий [10, 11]. В этой связи, вопрос минимизации уязвимости сливных приборов не только злободневен, но и требует альтернативного подхода.

## **Основная часть**

Перевозка нефтепродуктов, связующая этапы отгрузки и выгрузки, осуществляется в специализированных вагонах-цистернах. Эксплуатация такого вида подвижного состава должна производиться в исправном техническом состоянии [12] и в соответствии с техническими условиями [13], установленными для обеспечения безопасности при перевозках.

В то же время ОАО РЖД открыто признается о необходимости увеличения надежности узлов грузовых вагонов, а также совершенствования их конструкции [14], в том числе и донного клапана.

В свою очередь донный клапан цистерны – очаг аварийности. Постоянное воздействие неблагоприятных факторов при транспортировке нефтепродуктов, их агрессивность и накладывание длительных отстоев цистерн значительно снижают их эксплуатационный ресурс [15] и, как следствие, количество исправных циклов по их открытию/закрытию в рамках выгрузочных операций. Это приводит к внезапному нарушению герметизирующей способности донной арматуры и капельным течам, которые актуальны до сих пор. Например, 19 января 2018 года такая течь возникла по сливному прибору железнодорожной цистерны на станции Косяковка, расположенной в г. Самаре Самарской области [16].

В ликвидации течи было задействованы значительные силы в объеме 28 человек и 6 единиц техники.

Показательными также являются отчетные данные по Волгоградскому региону, на территории которого зафиксировано 9 утечек нефтепродуктов, 5 из которых произошли через нижний клапан сливного прибора [17].

Еще одним из аналогичных примеров отмечается инцидент на станции Тамала Пензенской области, где течь возникла также из сливного прибора цистерны [18].

Несмотря на многочисленную работу, проведенную в направлении поиска ключевых причин таких течей, вывод остается одним – проблема является комплексной.

Здесь играет роль возраст железнодорожных цистерн, климатические условия их эксплуатации, а также исполнение обязательств вагонного хозяйства и собственников цистерн по их своевременному техническому обслуживанию.

Также из практики отмечаются и случаи длительных простоев железнодорожных цистерн с нефтепродуктом на объектах их приема, хранения и выдачи. Систематическое использование цистерн в качестве резервуаров длительного хранения создает условия для разрушающего воздействия, оказываемого на донную арматуру за счет агрессивности среды.

Основными механизмами таких воздействий, приводящих к снижению эксплуатационных свойств сливных приборов, это в первую очередь, коррозия донного клапана, либо седла.

Под корродирующим воздействием происходит утончение металла, а также образование рытвин, за счет чего снижается степень плотности прилегания элементов друг к другу.

Другой стороной влияния выступает человеческий фактор, выраженный в постоянном воздействии эксплуатационного персонала на конструкцию донной арматуры.

Низкий уровень подготовки, а также незнание технических особенностей эксплуатации арматуры приводит к ее повреждению.

Зачастую это характерно для участков отгрузки и выгрузки, работники которых напрямую выполняют технологические операции по открытию и закрытию клапанов.

Здесь также необходимо вновь прибегнуть к практическому опыту, в рамках которого отмечены чрезмерные усилия по затягиванию клапана при его закрытии, а также физическое воздействие при операциях с «проблемными» клапанами, которые не поддаются штатному открытию по ряду причин (залипание, примерзание).

Частой ошибкой здесь являются попытки персонала прибегнуть к увеличению плеча ключа донного клапана, что приво-

дит к перелому штока донного клапана (рис. 1).

При этом даже в случае сохранения визуальной целостности штока, практически не исключена его деформация за счет смещения угла воздействия от увеличения плеча. Таким образом, в результате скручивания и излома штока, он приобретает форму лопасти, которая делает невозможным дальнейшее герметичное закрытие клапана.

На основании вышеизложенного можно заключить, что отказ донной арматуры с последующим выходом нефтепродукта – всего лишь вопрос времени.

Мы полагаем, что решение обозначенной проблемы возможно через дублирование запорного элемента, обеспечивающего страховку от аварийных разливов,

возникающих на этапе следования. При этом решение не должно повторять имеющихся недостатков существующей донной арматуры железнодорожных цистерн.

Предлагаемым методом защиты окружающей среды от несанкционированных разливов нефтепродуктов, возникающих в пути следования, является пневматическое запорное устройство сливного прибора железнодорожной цистерны (далее – ПЗУ) изображенное на рис. 2 [19].

ПЗУ состоит из пневмозаглушки, выполненной в виде цилиндрической оболочки из маслобензостойкой, прорезиненной ткани и линией подачи воздуха, оборудованной шаровым краном, которые соединены между собой посредством сквозного фитинга, вмонтированного в корпус донного клапана.



Рис. 1. Пример перелома верхней части штока донного клапана железнодорожной цистерны

*Fig. 1. Example of fracture of the upper part of the bottom valve stem of a railway tank*

Работа ПЗУ заключается в следующем: после отгрузки (налива) нефтепродукта в вагон-цистерну (поз. 1) и проверки отсутствия течи из нижнего патрубка сливного прибора (поз. 2), персонал приводит ПЗУ в рабочее состояние путем заполнения пневмозаглушки (поз. 3) техническим воздухом, подаваемым от штатного источника (компрессора) через линию (поз. 4), которые соединены между собой жесткой сцепкой с одной стороны и гибкой с другой через сквозной фитинг (поз. 5), вмонтированный в донный клапан сливного прибора (поз. 6).

Рабочее давление накачивания пневмозаглушки можно определить исходя из

значения, рекомендуемого для заглушек, по формуле:

$$P_{\text{пз}} = 1,5 \times P_{\text{сп}}, \quad (1)$$

где  $P_{\text{пз}}$  – давление пневмозаглушки,  $\text{kgs}/\text{cm}^2$ ;  $P_{\text{сп}}$  – давление сливного прибора,  $\text{kgs}/\text{cm}^2$ .

Согласно исследованиям [20], максимальное давление, создаваемое в сливном приборе соответствует гидростатическому давлению столба нефтепродукта и составляет  $0,2 \text{ kgs}/\text{cm}^2$ . Тогда, используя приведенную формулу, рабочее давление пневмозаглушки будет приближено к данному значению и составлять  $0,24 \text{ kgs}/\text{cm}^2$ .

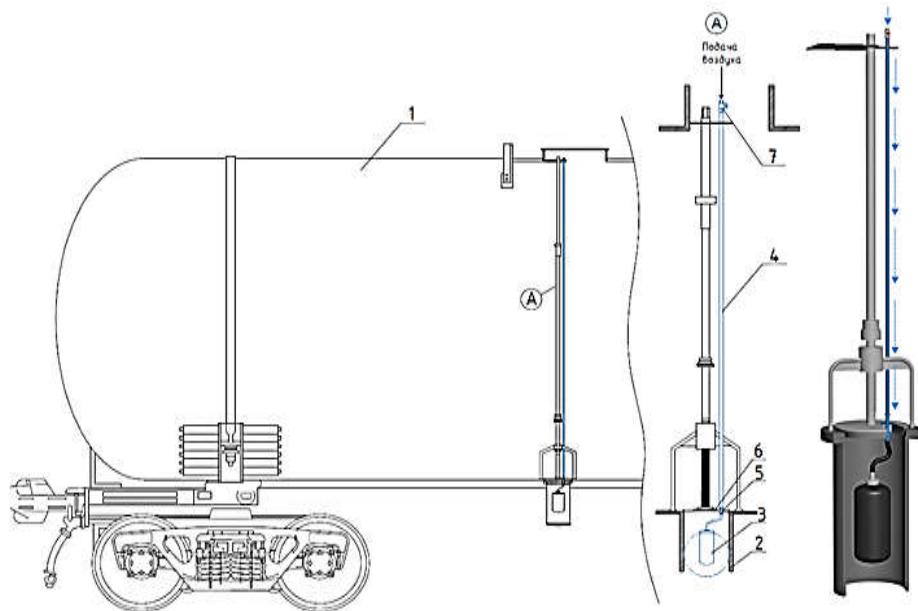


Рис. 2. Пневматическое запорное устройство железнодорожной цистерны  
*Fig. 2. Pneumatic locking device of a railway tank*

При создании такого давления, внутри оболочки пневмозаглушки, происходит его расширение и соответственно герметизация сливного патрубка по принципу тампонирования.

После подачи железнодорожной цистерны под фронт отгрузки персонал, выполнив все необходимые подготовительные мероприятия перед сливом, открывает шаровой кран (поз. 7) и выпускает воздух из системы, спуская при этом пневмозаглушки, и производит открытие данного клапана (поз. 6), который поднимается одновременно вместе с закрепленной на нем пневмозаглушки, освобождая тем самым проходное сечение патрубка для дальнейшего выполнения слива нефтепродукта.

Немаловажным является и расчет толщины стенки пневмозаглушки, которую можно определить по формуле:

$$\delta = \frac{P_{\text{пз}} \times D}{2 \times \sigma} \quad (2)$$

где  $P_{\text{пз}}$  – давление пневмозаглушки, ( $0,25 \text{ кгс}/\text{см}^2$ );  $D$  – диаметр сливного патрубка, мм;  $\sigma$  – допустимое напряжение материала пневмозаглушки (для резины  $\sim 5 \dots 10 \text{ МПа}$ ).

В рамках расчета примем диаметр патрубка  $D$  равный 300 мм, а также возьмем среднее значения напряжений  $\sigma$ . В

результате чего получаем толщину стенки пневмозаглушки около 5 мм.

Следующим значимым параметром является габаритные размеры пневмозаглушки, определяемые площадь тампонирования. Расчетную длину данного элемента определим по аналогии с трубопроводами, заглушки для которых подбираются по следующему условию:

$$L \geq 1,5D \quad (3)$$

где  $L$  – длина пневмозаглушки, мм;  $D$  – диаметр сливного патрубка, мм

Таким образом, длина пневмозаглушки должна составлять 450 мм для требуемого обеспечения герметичности.

Однако диапазон технических параметров рабочего элемента ПЗУ может различаться в зависимости от типоразмеров цистерн, а также перевозимого груза, поэтому представим расчётные данные с расхождениями в таблице.

Таким образом, можно сделать вывод, что характеристики пневмозаглушек для ПЗУ могут отличаться и зависят от перевозимого топлива, в частности его плотности, которая влияет на давление создаваемое столбом жидкости и в дальнейшем определяет степень воздействия на пневмозаглушку.

Таблица

Диапазон расчётных параметров пневмозаглушек пневматического запорного устройства  
Table*The range of design parameters of pneumatic plugs of the pneumatic locking device*

Устройство	$P_{\text{пз}}$ , кгс/см <sup>2</sup>	$\delta$ , мм	$L$ , мм	Вид перевозимого продукта
ПЗУ № 1	0,2	$\geq 3$	450	Керосин, Бензин, Дизельное топливо, МТБЭ
ПЗУ № 2	0,5	5	525	-/-
ПЗУ № 3	0,7	7	525	-/-
...	...	...	...	Иные виды нефтепродуктов

Преимуществом заявляемого решения является его надежность, достигаемая за счет отсутствия воздействия вибрационных и других физико-химических факторов на состояние герметичности, как в случае с донной арматурой.

Наряду с этим, данное устройство расширяет техническую возможность опо-

рожнения вагонов-цистерн с неисправным донным клапаном штатным способом нижнего слива без необходимости применения средств верхнего аварийного слива. Демонстрация пневмозаглушки ПЗУ в рабочем состоянии представлена на рис. 3.

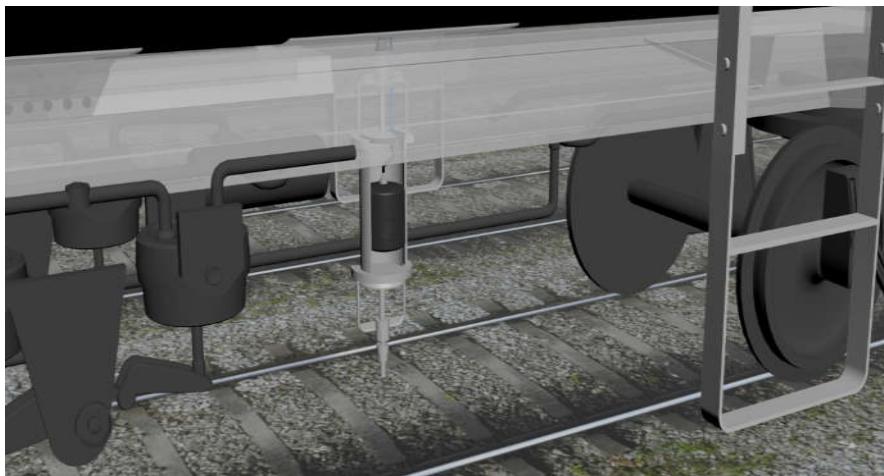


Рис. 3. Модель пневмозаглушки ПЗУ в рабочем состоянии пневматического запорного устройства

*Fig. 3. The model of the ROM pneumatic plug in the working state of the pneumatic locking device*

## Заключение

В работе проанализирован существующий уровень аварийности железнодорожного транспорта нефтепродуктов в рамках этапа следования грузов от мест их отгрузки до участков выгрузки.

Установлена актуальность проблемы несанкционированных разливов, возникающих в пути следования нефтепродуктов, при этом большая часть таких разливов происходит через нижний сливной прибор железнодорожных цистерн, являющийся наиболее уязвимым узлом рассматриваемого подвижного состава.

На основе анализа и практического опыта выявлено, что основными причинами снижения надежности сливных приборов является влияние физико-химических свойств перевозимых нефтепродуктов на материал устройств, отсутствие должного внимания к техническому обслуживанию и своевременному переоборудованию цистерн, а также наиболее влияющий человеческий фактор, выраженный в ошибках персонала при эксплуатации сливной системы.

В целях увеличения надежности сливных приборов железнодорожных цистерн для перевозки нефтепродуктов и одновременного снижения рисков их несанкционированных разливов в пути следования предлагается применение дублирующего запорного устройства, устанавливаемого в патрубке сливного прибора и основанного на принципе тампонирования.

За счет пневматического элемента предлагаемого устройства обеспечивается необходимая степень герметизации сливного патрубка, не допуская выход нефтепродукта наружу в случае потери герметичности донного клапана.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Султанов, Р. М. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций при транспортировке нефтепродуктов железнодорожным транспортом / Р. М. Султанов, Л. А. Ибатуллина // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. № 1(107).
2. Ли, Я. Анализ рисков транспортировки нефтепродуктов из России в Китай / Я. Ли // Экономические науки. 2018. № 160. С. 37-40.
3. Никиulin, A. A. Подходы к прогнозированию негативного влияния железнодорожного транспорта на окружающую среду / A. A. Никиulin, M. B. Медов, P. B. Кошкаров // Universum: технические науки. 2021. № 4-1(85). С. 18-22.
4. New Report: Concerns Remain Over Safety of Rail to Transport Energy Liquids and Gases [Электронный ресурс] режим доступа: <https://www.nationalacademies.org/news/2017/10/concerns-remain-over-safety-of-rail-to-transport-energy-liquids-and-gases> (дата обращения: 15.01.2024).
5. Safety in the Transportation of Oil and Gas: Pipelines or Rail? [Электронный ресурс] режим доступа: <https://www.fraserinstitute.org/sites/default/files/safety-in-the-transportation-of-oil-and-gas-pipelines-or-rail-rev2.pdf> (дата обращения: 17.01.2024).
6. Акимов, В.А. Риски транспортировки опасных грузов / В.А. Акимов, Ю. И. Соколов; Акимов В.А., Соколов Ю.И., 2011 © МЧС России, 2011 © ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. Москва, 2011. 276 с.
7. Седов, Д. В. О смягчении последствий аварий при перевозке нефти и нефтепродуктов по железной дороге / Д. В. Седов // Национальная Ассоциация Ученых. 2015. № 3-3(8). С. 124-128.
8. Пономарев, В. М. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте / В. М. Пономарев, А. И. Шевченко // Наука и техника транспорта. 2005. № 2. С. 40-46.
9. Пахомова, А. О. Проблематика утечки опасных грузов при транспортировке в вагонах-цистернах / А. О. Пахомова, Е. Н. Давыдова // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2024. Т. 1. С. 31-35. – EDN WYUWDG.
10. Катин, В. Д. Повышение безопасности перевозки железнодорожным транспортом нефти и нефтепродуктов / В. Д. Катин, А. Н. Луценко // Вестник института тяги и подвижного состава. 2018. № 14. С. 13-15.
11. Пелех, М. Т. Взаимодействие различных подразделений обеспечения пожарной безопасности при перевозке нефтепродуктов по железным дорогам / М. Т. Пелех, А. В. Галич // Транспортное планирование и моделирование: Сборник трудов V Международной научно-практической онлайн-конференции, Москва, 16–17 апреля 2020 года. – Москва: Российский университет транспорта, 2020. С. 32-41.
12. Приказ Министерства транспорта РФ от 29 июля 2019 г. № 245 «Об утверждении Правил перевозок железнодорожным транспортом грузов наливом в вагонах-цистернах и вагонах бункерного типа для перевозки нефтебитума» (Зарегистрирован 07.02.2020 № 57458).
13. ГОСТ 10674-2022. Вагоны-цистерны. Общие технические условия. Межгосударственный стандарт: утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2022 г. № 1616-ст. Дата введения 2024-06-01/ подготовлен ООО "ВНИЦТТ". М.: Стандартинформ, 2022. 34 с.;
14. О стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года (утв. Распоряжением Правительства РФ от 17.06.2008 №877-р) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=155> (дата обращения: 10.05.2024)

При этом, путем физических особенностей, решение не может потерять своих эксплуатационных свойств в результате воздействия агрессивности среды, механических воздействий, возникающих в пути следования, а также человеческого фактора.

Предлагаемое решение позволит повысить экономическую эффективность перевозок за счет сохранности грузов, а также обеспечит защиту окружающей среды от загрязняющего воздействия в результате несанкционированных разливов.

15. Современные подходы к донной арматуре слива железнодорожных цистерн / С. Л. Горобченко, Д. А. Ковалев, А. В. Теппоев [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 5. С. 396-405. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-5-396-397. – EDN DIPZJL.
16. Капельная течь бензина на станции Косяковка [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ecospas.ru/chrezvychainye-situatsii/kapelnaya-tech-benzina-na-stancii-kosyakovka> (дата обращения: 02.04.2025).
17. Почему текут цистерны? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://gudok.ru/zdr/174/?ID=1339649> (дата обращения: 02.04.2025).
18. В Пензенской области ликвидированы последствия утечки нефтепродуктов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rzd.ru/>
19. Патент на полезную модель № 224567 У1 Российская Федерация, МПК B61D 5/00, B65D 90/12, B65D 88/06. Пневматическое запорное устройство сливного прибора железнодорожного вагона-цистерны : № 2023129022 : заявл. 08.11.2023 : опубл. 28.03.2024 / О. С. Кузьмин, А. Н. Луценко; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения». – EDN BOPBLO.
20. Кузьмин, О. С. Совершенствование отгрузочного этапа транспортировки нефтепродуктов железнодорожным транспортом в целях повышения безопасности и защиты окружающей среды / О. С. Кузьмин, А. Н. Луценко, Е. С. Куликова // Транспортное дело России. 2024. № 1. С. 189-192. – EDN CFXKKU.

## REFERENCES

- Sultanov RM, Ibatullina LA. Forecasting of emergency situations during transportation of petroleum products by rail. Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products. 2017;1(107).
- Li Ya. Analysis of the risks of transporting petroleum products from Russia to China. Economic Sciences. 2018;160:37-40.
- Nikulin AA, Medov MV, Koshkarov RV. Approaches to forecasting the negative impact of railway transport on the environment. Universum: Technical Sciences. 2021;4-1(85):18-22.
- New Report: Concerns Remain Over Safety of Rail to Transport Energy Liquids and Gases [Internet]. [cited 2024 Jan 15]. Available from: <https://www.nationalacademies.org/news/2017/10/concerns-remain-over-safety-of-rail-to-transport-energy-liquids-and-gases>
- Safety in the Transportation of Oil and Gas: Pipelines or Rail? [Internet]. [cited 2024 Jan 17]. Available from: <https://www.fraserinstitute.org/sites/default/files/safety-in-the-transportation-of-oil-and-gas-pipelines-or-rail-rev2.pdf>
- Akimov VA, Sokolov YuI. Risks of transportation of dangerous goods. Moscow; 2011.
- Sedov DV. On mitigating the consequences of accidents during the transportation of oil and petroleum products by rail. The National Association of Scientists. 2015;3-3(8):124-128.
- Ponomarev VM, Shevchenko AI. Prevention and elimination of emergency situations in railway transport. Science and Technology in Transport. 2005;2:40-46.
- Pakhomova AO, Davydova EN. The problem of leakage of dangerous goods during transportation in tank cars. Scientific, Technical and Economic Cooperation of the Asia-Pacific Countries in the 21st Century. 2024;1:31-35.
- Katin VD, Lutsenko AN. Improving the safety of transportation of oil and petroleum products by rail. Vestnik Instituta Tyagi I Podvizhnogo Sostava. 2018;14:13-15.
- Pelekh MT, Galich AV. Interaction of various fire safety departments during transportation of petroleum products by rail. Proceedings of the V International Scientific and Practical Online Conference, April 16-17, 2020: Transport Planning and Modeling; Moscow: Russian University of Transport; 2020.
- Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation. On approval of the rules for railway transportation of bitumen bulk cargo in tank cars and bunker-type cars. 2019 July 29.
- GOST 10674-2022. Tank cars. General specifications. Moscow: Standartinform; 2022.
- On the strategy for the development of railway transport in the Russian Federation until 2030 [Internet]. [cited 2024 May 10]. Available from: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=155>
- Gorobchenko SL, Kovalev DA, Teppoev AV. Modern approaches to bottom fittings for draining railway tanks. Izvestiya Tula State University. Technical Sciences. 2024;5:396-405. DOI 10.24412/2071-6168-2024-5-396-397.
- Gasoline drip at Kosyakovka station [Internet]. [cited 2025 April 02]. Available from: <https://www.ecospas.ru/chrezvychainye-situatsii/kapelnaya-tech-benzina-na-stancii-kosyakovka>
- Why do the tanks leak? [Internet]. [cited 2025 April 02]. Available from: <https://gudok.ru/zdr/174/?ID=1339649>
- The consequences of the leakage of petroleum products have been eliminated in the Penza region [Internet]. [cited 2025 April 02]. Available from: <https://www.rzd-partner.ru/other/news/374346/>

19. Kuzmin OS, Lutsenko AN. RF Utility Model Patent No. 224567 U1 МПК B61D 5/00, B65D 90/12, B65D 88/06. Pneumatic locking device of the drain device of a railway tank car. 2024 March 28.
20. Kuzmin OS, Lutsenko AN, Kulikova ES. Improvement of the shipping stage of transportation of petroleum products by rail in order to improve safety and environmental protection. Transport Business of Russia. 2024;1:189-192.

#### Информация об авторах:

**Кузьмин Олег Сергеевич** – аспирант кафедры «Техносферная безопасность», Author ID РИНЦ 1087908, тел. +79963898395.

**Луценко Андрей Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность», Author ID РИНЦ 860647.

**Куликова Елена Сергеевна** – старший преподаватель ВШ «Транспортного строительства, земле-

устройства и геодезии», Author ID РИНЦ 222668, тел. +79625001403.

**Антонычева Елена Альбертовна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Физика и теоретическая механика», Author ID РИНЦ 609075.

**Kuzmin Oleg Sergeevich** – Postgraduate Student at the Department of Technosphere Safety, Author ID RSCI 1087908, phone: +79963898395.

**Lutsenko Andrey Nikolaeivich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety, Author ID RSCI 860647.

**Kulikova Elena Sergeevna** – Senior Lecturer at the Higher School of Transport Construction, Land Man-

agement and Geodesy, Author ID RSCI 222668, phone: +79625001403.

**Antonycheva Elena Albertovna** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Theoretical Mechanics, Author ID RSCI 609075.

**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 29.04.2025; одобрена после рецензирования 30.05.2025; принятая к публикации 26.06.2025. Рецензент – Нагоркин М.Н. доктор технических наук, доцент Брянского государственного технического университета.**

**The article was submitted to the editorial office on 29.04.2025; approved after review on 30.05.2025; accepted for publication on 26.06.2025. The reviewer is Nagorkin M.N., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of Bryansk State Technical University.**