

## УДК 629.17

Л. А. МУРАДЯН – к.т.н., доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, leon59@bk.ru, ORCID 0000-0003-1781-4580

В. Ю. ШАПОШНИК – м.н.с. отраслевой научно-исследовательской лаборатория «Вагоны», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, v.sh91@mail.ru, ORCID 0000-0003-4701-6491

Д. А. ПОДОСЕНОВ – заместитель начальника службы вагонного хозяйства РФ «Придніпровська залізниця» ПАО «Укрзалізниця», d.podosenov@dp.uz.gov.ua

# ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

## Введение

Железные дороги всего мира являются стратегически важным видом транспорта для каждой страны. На железнодорожном транспорте производится значительное количество отгрузок и, соответственно, перевозок всех видов продукции. Для дальнейшего развития железных дорог необходимы новые конструкторские решения при разработках современного подвижного состава, которые позволят, в первую очередь, обеспечить высокий уровень надежности и, тем самым, гарантировать повышение уровня безопасности движения, что приведет к экономическому росту железнодорожной отрасли [1].

Повышение безопасности движения поездов является важной составляющей эффективной работы и развития железнодорожного транспорта. Решение проблемы безопасности во многом определяется состоянием вагонного парка и уровнем его технического обслуживания.

Конструкторские разработки нового подвижного состава позволят улучшить технико-экономические параметры, сократить транспортную составляющую в цене перевозимой продукции, ускорить модернизацию материально-технической базы железнодорожного транспорта, увеличить массу поездов, сократить удельные расходы энергоресурсов на тягу, ускорить продвижение

грузопотоков, повысить безопасность движения, безотказность и эксплуатационную готовность. Все эти принципы закладываются на самом начальном этапе создания вагона – проектировании [2, 3]. Совершенствование конструкции касается как ходовых частей грузовых вагонов, так и кузовов.

Для повышения уровня надежности грузовых вагонов, которые эксплуатируются на железных дорогах Украины необходимо провести анализ их повреждений за последние годы и выявить характер возникновения неисправностей.

## Анализ предыдущих исследований

Грузовые вагоны эксплуатируются в специфических условиях. Агрессивное влияние груза, повреждения при операциях загрузки и разгрузки, значительные эксплуатационные нагрузки, изношенный подвижной состав, неудовлетворительное состояние пути и т.п. приводят к повреждению и попаданию вагонов в ремонт. Распределение повреждений грузовых вагонов в 2013–2015 гг. по данным Придніпровської залізничної дороги приведено на рис. 1.

Как видно из рисунка, наибольший процент повреждений приходится на кузов вагона – 44 %, раму – 26 % и тормозное оборудование – 13 %.

Характер возникновения неисправностей вагонов носит различный характер.

Наибольшее количество неисправностей грузовых вагонов (51 %) носят технологический характер, 39 % – эксплуатационный характер, а 10 % – повреждения по другим причинам.



Рис. 1 Распределение повреждений грузовых вагонов за 2013–2015 гг.

В последние годы увеличилось количество повреждений подвижного состава, которые носят технологический характер [4]. Это обусловлено значительным сроком службы подвижного состава, недостаточным обеспечением ремонтных депо материалами и запчастями, и их низким качеством, снижением материальной заинтересованности работников ремонтных предприятий и медленным внедрением современного оборудования диагностики.

Эксплуатационный характер неисправностей возникает по причине естественного износа деталей и узлов вагона в процессе эксплуатации и не связанный с качеством изготовления или ремонтом.

Иные повреждения происходят через нарушение установленных правил эксплуатации грузовых вагонов на путях общего пользования и путях промышленных предприятий.

На стадии проектирования и изготовления вагонов устанавливаются определенные характеристики надежности, исходя из задачи перевозочного процесса с соблюдением требований безопасности движения и сохранности перевозимых грузов.

При сравнении результатов отказов вагонов по типам, установлено, что наиболее отказоопасным, а значит, самым затратным

по содержанию и первостепенным по вниманию относительно безопасности движения и сохранности груза является полувагон – до 58 %, далее парк прочих вагонов – до 14 % (минераловозы, зерновозы, цементовозы), крытые вагоны – до 10 %, цистерны – до 9 % и платформы – до 9 %.

Эксплуатация вагонов приводит к уменьшению их технического ресурса, который со временем необходимо восстанавливать, следовательно, вагоны относятся к восстанавливаемым (ремонтируемым) объектам. Чем выше надежность вагонов, тем меньше затраты на техническое обслуживание и тем реже они будут нуждаться в плановом ремонте. Однако, с повышением надежности вагонов, возрастают и затраты на их изготовление.

Неисправности вагонов всех типов, в результате которых произошли транспортные происшествия, можно распределить следующим образом: неисправность и отказ в работе тормозного оборудования в гарантийный срок эксплуатации – 41 %; неисправности буксовых узлов – 21 %; неисправности кузова вагона – 7 %; неисправности автосцепок, которые привели к саморасцепкам – 4 %; неисправность тележек – 7%; неисправность колесных пар – 3 %.

Основной и главной причиной наступления транспортных происшествий является несвоевременное изъятие из эксплуатации подвижного состава, техническое состояние которого не соответствует требованиям ПТЭ. То есть остаются возможные большие риски возникновения нарушений безопасности движения.

В вагонах всех типов, при транспортных происшествиях фиксируются следующие технические отклонения: неисправность механизмов автосцепки, центрирующих балок, выбоины на поверхности катания колесных пар, отсутствие тормозных колодок, острый накат гребня, обрывы кронштейнов крепления тормозного оборудования, неполная укомплектованность концевых кранов, трещины наддрессорных и

хребтовых балок, отсутствие крепежных механизмов пятников к раме вагона и прочее.

Анализ безопасности движения в вагонном хозяйстве железных дорог Украины, указывает на необходимость модернизации и совершенствования старого подвижного состава вагоноремонтными заводами и изготовление более современных вагонов всех типов для повышения уровня безопасности движения поездов. То есть существует потребность в конструкторских разработках современного подвижного состава, которые позволят, в первую очередь, обеспечить высокий уровень надежности и, тем самым, гарантировать повышение уровня безопасности движения. Последнего можно достичь с помощью применения перспективных технологических методов изготовления и восстановления рабочих поверхностей деталей грузовых вагонов.

### Результаты исследования

В последние годы, исследователей разных направлений, привлекает внимание свойства рабочих поверхностей деталей, которые являются ресурсопределяющими для различных видов техники, в том числе грузовых вагонов [3, 5-8]. Научиться создавать поверхности трения деталей машин с заданными свойствами и управлять физико-химическими процессами, протекающими в них – одна из первоочередных задач, стоящих перед специалистами железнодорожного транспорта, которые производят, эксплуатируют, обслуживают и ремонтируют подвижной состав. Износ составляющих деталей является дестабилизатором технического состояния грузовых вагонов. Обеспечить управляемый ресурс вагонов в данном случае является возможным стабилизацией стационарного технического состояния трибосистем, следовательно, эксплуатационных свойств деталей. Последнее достигается с помощью применения различных технологий, направленных

на повышение физико-механических и триботехнических характеристик деталей [5-7].

В мировой практике качество технологии оценивается не только высокими техническими, но и экономическими показателями [1]. Предпочтение отдается высокоэффективным безотходным и ресурсосберегающим технологиям, которые обеспечивают высокое качество и надежность изделий. Особую ценность, технологии, приобретают в том случае, если они, используя отходы производства, обеспечивают деталям свойства, которые не уступают существующим.

Успешное решение этих задач лежит, во-первых, в разработке новых технологий повышения надежности, долговечности и износостойкости. Во-вторых, в обобщении разрозненных экспериментальных данных по механизму износа с целью создания общей базы данных «трение-износ-разрушение» разного рода материалов от начала их изготовления до полного разрушения. А после необходимо проводить поиски и разрабатывать новые технологии изготовления деталей, которые снижают износ, повышают физико-механические и триботехнические свойства материалов на стадии их изготовления и обработки.

С другой стороны, повышение ресурса и долговечности деталей грузовых вагонов связано с необходимостью применения различных способов упрочнения деталей, эксплуатационные свойства которых износостойкость, динамическая и циклическая прочность должны превышать соответствующие показатели для новых деталей. Поэтому, технология упрочнения деталей грузовых вагонов должна базироваться на применении таких способов и средств упрочняющей и механической обработки, которые наряду с высокой производительностью позволяют не только сохранить, но и существенно повысить долговечность деталей [3, 5-8]. Поэтому одной из проблем повышения износостойкости и долговечности деталей грузовых вагонов становится

разработка новых эффективных и экологически чистых технологий упрочнения.

Анализ технологических методов повышения износостойкости деталей грузовых вагонов [5-8] показал, что для повышения их ресурса может быть применено одновременно несколько различных методов упрочнения, поскольку использование нескольких технологических методов в комплексе с конструкторскими решениями, правильным подходом к процессу эксплуатации грузовых вагонов даст наибольший эффект.

Использование известных технологических методов повышения износостойкости деталей грузовых вагонов позволяют уменьшить их износ в 1,2...10,0 раз, но при их применении возможны и недостатки. Например, основными недостатками объемной термообработки являются: деформации детали при закалке; значительные остаточные напряжения и неравномерная твердость по сечению детали; обезуглероживание поверхности; возможность образования закалочных трещин, особенно при большом сечении; высокая энергоемкость процесса. Поверхностная химико-термическая обработка является одним из самых распространенных методов повышения износостойкости деталей машин [5-7], но к недостаткам следует отнести высокую стоимость и продолжительность. К основным недостаткам легирования и модифицирования можно отнести повышенный расход материалов, поскольку легирующий элемент распределяется во всем объеме заготовки, а износу подвергается не весь объем детали. Для введения легирующих элементов в сталь или чугун необходимо оказывать значительный нагрев металла, который невозможен в условиях вагоноремонтного депо, а при выплавке в электропечах, вследствие высокого перегрева, чугун имеет мелкозернистую структуру, что отрицательно сказывается на его износостойкости. При значительной массе детали и небольших размерах предельного

износа, легирование материала во всем объеме экономически нецелесообразно, поскольку указанное приводит к большому расходу легирующих элементов. Более эффективным, по сравнению с объемным легированием [8], является метод поверхностного (локального) легирования, что ведет к снижению общей стоимости отливок и дает возможность получить износостойкие рабочие поверхности с улучшенными свойствами, подобно тому, как при высоком легировании материала детали. К недостаткам способа следует отнести малый припуск на механическую обработку и возможность полного удаления легированного слоя при обработке. Способ требует точных методов отливки.

К числу новых перспективных процессов легирования заготовок можно отнести лазерное легирование. Высокие возможности лазеров определяются локализацией термического воздействия и управления процессом в широком диапазоне технологических режимов. Широкое внедрение лазерного упрочнения деталей грузовых вагонов при массовом производстве возможно, если учесть длительность периода обработки и характеристики технологического оборудования. Прочностные характеристики деталей, работающих при переменных нагрузках, могут быть повышены в несколько раз при применении поверхностной пластической деформации.

Для повышения коррозионной стойкости на детали наносят покрытие электролитическими или химическими методами. Коррозионную стойкость повышают цинкованием, кадмированием, никелированием, фосфатированием, лужением, а также с помощью комбинирования процессов. Кроме того, износостойкость и коррозионную стойкость деталей повышают наплавкой на рабочие поверхности твердых сплавов [5-9]. Наплавки широко применяют при восстановлении и укреплении изношенных деталей.

Из всех технологических методов повышения износостойкости деталей грузовых вагонов для создания поверхностей с заданными переменными свойствами теоретически могут быть использованы следующие: управление структурообразованием в процессе отливки, поверхностное (местное) легирование, поверхностная термическая обработка, упрочнение пластическим деформированием, термомеханическая обработка, лазерная закалка, легирование и модифицирование.

Упрочнения деталей путем модифицирования поверхности имеет ряд преимуществ по сравнению с нанесением упрочняющих покрытий. В последнее десятилетие начали использовать лазерную модификацию поверхностей трения. Но широкого применения – не найдено, во-первых – высокая стоимость; во-вторых – однозначных выводов исследователей еще не сделано.

При лазерном модифицировании влиянию подлежит слой основного материала детали, толщиной и свойствами которого можно управлять за счет технологических параметров процесса обработки. Этот процесс можно реализовать без специальных операций подготовки поверхности. Кроме того, можно отказаться от использования дорогостоящих легирующих элементов. Важнейшим преимуществом лазерного модифицирования является то, что модифицированная поверхность является единым целым с основанием.

### Выводы

Для повышения надежности деталей грузовых вагонов необходимо применить новые перспективные методы технологической обработки, как на уровне изготовления, так и во время ремонта. Это позволит повысить ресурс деталей грузового вагона в 1,5...4,0 раза, что в нынешних экономических условиях является основополагаю-

щим фактором в развитии грузового транспорта железных дорог Украины.

При применении любого технологического метода повышения износостойкости деталей грузовых вагонов, алгоритм его выбора должен основываться на данных, характеризующих износ и усталостную прочность, а также на определении необходимых свойств деталей в каждой точке рабочей поверхности и параметров технологического процесса.

### Библиографический список

1. Myamlin, S. V. The modeling of economic efficiency of products carriage-building plant in conditions of dynamic pricing [Text] / S. V. Myamlin, D. M. Baranovskiy // Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету ім. ак. В. Лазаряна «Проблеми економіки транспорту». – 2014. – № 7. – С. 61-66.
2. Мямлін, С. В., Проблема визначення терміну «надійність». Методологія побудови та вивчення надійності вантажних вагонів [Текст] / С. В. Мямлін, Л. А. Мурадян, Д. М. Барановський // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2015. – №6(60). – С. 126-133.
3. Мямлін, С. В. Розробка конструкцій та машинобудівних технологій створення вантажних вагонів нового покоління [Текст] / С. В. Мямлін // Вагонний парк. – 2014. – №10. – С. 4-9.
4. Аналіз пошкоджень вантажних вагонів на ПАТ «Українська залізниця» [Текст] / Л. А. Мурадян, Д. О. Подосьонов // Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту: Тезиси 76 Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпропетровськ, 19-20 мая 2016 г.) – Д.: ДІИТ, 2016. – С. 22-24

5. Гладкий, П. В. Плазменная наплавка [Текст] / П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // –К.: «Екотехнологія», 2007. – 292 с.
6. Переплетчиков, Е. Ф. Плазменно-порошковая наплавка в арматуростроении [Текст]: Справочное пособие / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // – К.: «Екотехнологія», 2007. – 64 с.
7. Барановський, Д. М. Самоорганізація структур в процесі дисипації [Текст] / Д. М. Барановський // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2009. – № 8 (39). – С. 28-30.
8. Лащенко, Г. И. Современные технологии сварочного производства [Текст] / Г. И. Лащенко // – К.: «Екотехнологія», 2012. – 720 с.
9. Корж, В. М. Газотермічна обробка матеріалів [Текст]: Навчальний посібник /

В. М. Корж // – К.: «Екотехнологія», 2005. – 196 с.

**Ключові слова:** вантажні вагони, надійність, процеси зносу, технологічні методи.

**Ключевые слова:** грузовые вагоны, надежность, процессы износа, технологические методы.

**Keywords:** freight wagons, reliability, wear processes, technological methods.

**Рецензенты:**

д.т.н., проф. С. В. Мямлин,  
д.т.н., проф. И. Е. Мартынов.

Поступила в редколлегию 21.03.2016.

Принята к печати 31.03.2016.