

УДК 620.179.141:629.4

А. Г. ОТОКА¹, О. В. ХОЛОДИЛОВ¹, Д. Л. ЧЕПИК²

¹Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

²Конструкторско-технический центр Белорусской железной дороги, Минск, Беларусь

ПЕРЕДВИЖНАЯ СУСПЕНЗИОННАЯ СИСТЕМА С РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ ДЛЯ МАГНИТОПОРОШКОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ ДЕТАЛЕЙ ВАГОНОВ И ЛОКОМОТИВОВ

Обосновывается целесообразность применения мобильной насосной станции совместно с системой рециркуляции магнитной суспензии при магнитопорошковом контроле различных деталей в вагонном и локомотивном хозяйстве. Анализируется экономическая эффективность использования насосной станции в сравнении с нанесением магнитной суспензии методом распыления и полива из ёмкости для отдельных объектов контроля.

Ключевые слова: суспензия, насосная станция, система рециркуляции, детали вагонов и локомотивов, магнитопорошковый контроль, магнитный индикатор.

Введение. Магнитопорошковый метод неразрушающего контроля (МПК) основан на обнаружении магнитных полей рассеяния над дефектами с помощью магнитного индикатора (МИ), представляющего собой порошок или суспензию ферромагнитных частиц [1, 2]. Магнитопорошковому контролю подвергается более 150 наименований деталей и составных частей грузовых и пассажирских вагонов [3–6] и более 1000 наименований элементов локомотивов в зависимости от серий тепловозов и дизель-поездов [7–9].

На контролируемую намагниченную поверхность МИ наносится, как правило, сухим (порошок) или мокрым (суспензия) способом. Мокрый способ нанесения магнитного индикатора даёт наибольшую чувствительность к поверхностным дефектам, поэтому он получил широкое применение на Белорусской железной дороге. При нём магнитная суспензия наносится на контролируемую поверхность путём распыления или полива слабой струёй, не смывающей осевший порошок над несплошностью, с обязательным стеканием её с поверхности.

Магнитные частицы должны находиться во взвешенном состоянии и равномерно наноситься на объект контроля. Поэтому распыление суспензии из распылителя должно сопровождаться постоянным встряхиванием ёмкости в целях недопущения осаждения магнитного порошка. Перед использованием суспензии путём полива из ёмкости необходимо постоянно её мешать вручную неметаллической ложкой. После того как суспензия закончилась, дефектоскопист заново готовит её согласно технологической инструкции и паспорту на МИ.

При существующей технологии МПК повторно суспензия используется только при работе с наружными и внутренними кольцами в свободном со-

стоянии, которые проверяются на установке типа УМДП-01 (для локомотивных – установка типа ТПС 9706), в состав которой входит стационарная насосная станция. Нанесение магнитной суспензии и повторное ее использование возможны только при условии тщательной очистки и обезжиривания поверхности объекта контроля, что соблюдается только для деталей, прошедших очистку и мойку (в моечной машине, мойка под давлением). Например, внутренние кольца подшипника, напрессованные на шейку оси, шейка оси, ролики подшипника, цельнокатаные колёса, колёсные центры и средняя часть оси при среднем ремонте, свободные оси при капитальном ремонте, стопорные планки, венцы зубчатых колёс, шестерни, бандажи, различные валы и другие детали локомотивов и вагонов.

Отметим, что однократное использование магнитной суспензии ведёт к увеличению расходов на приобретение МИ, увеличению времени на проведение контроля, т. к. суспензию необходимо постоянно готовить в зависимости от объёма ремонта деталей. Одним из путей решения этой проблемы является внедрение системы рециркуляции магнитной суспензии.

Целью данной работы является обоснование применения мобильной насосной станции совместно с рециркуляцией магнитной суспензии для МПК различных деталей вагонов и локомотивов.

Существующие технические решения. Суспензионная система предназначена для хранения, приготовления и нанесения люминесцентной или цветной магнитной суспензии как на водной, так и на керосиново-масляной основе. Она может входить в состав стационарных магнитопорошковых установок, автоматизированных стэндов (рисунок 1, а) или специализированных столов (рисунок 1, б), где контроль производится способом остаточной намагниченности, а также в виде передвижной системы для самостоятельного применения (рисунок 1, в). Показанные на рисунке 1, а, б суспензионные системы осуществляют возврат магнитной суспензии в накопительный бак (рециркуляцию), в то время как система, представленная на рисунке 1, в, используется только для нанесения индикатора.

Система рециркуляции позволяет повторно использовать магнитную суспензию при проведении магнитопорошкового контроля деталей, что дает возможность снижения финансовых затрат на её приобретение. При этом дополнительное время на приготовление и сбор магнитной суспензии не требуется. Большинство объектов в вагонном и локомотивном хозяйствах подвергается МПК с использованием одного типа суспензии, поэтому применение для различных деталей и на разных участках дефектоскопии передвижной мобильной насосной станции в составе суспензионной системы с рециркуляцией представляется экономически эффективным. Кроме того, оно позволяет повысить качество МПК за счёт снижения субъективного фактора, который напрямую связан с нанесением магнитной суспензии методом полива или распыления из пульверизатора.

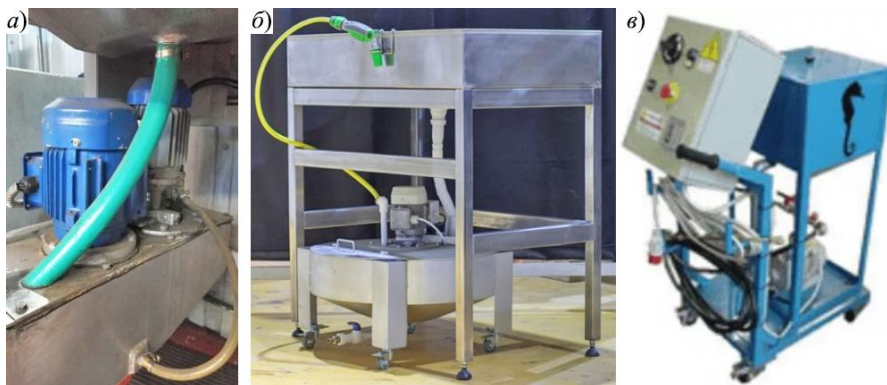


Рисунок 1 – Виды суспензионных систем:

- a* – стационарная насосная станция в составе установки УМДП-01; *б* – стационарная насосная станция в составе стола для нанесения магнитной суспензии ТАБ-900; *в* – передвижная насосная станция на колёсах CGM Cigiemme

Передвижная суспензионная система с рециркуляцией магнитной суспензии. Рассмотрим работу предлагаемой системы при проведении МПК внутренних колец подшипников, напрессованных на шейку оси (рисунок 2).

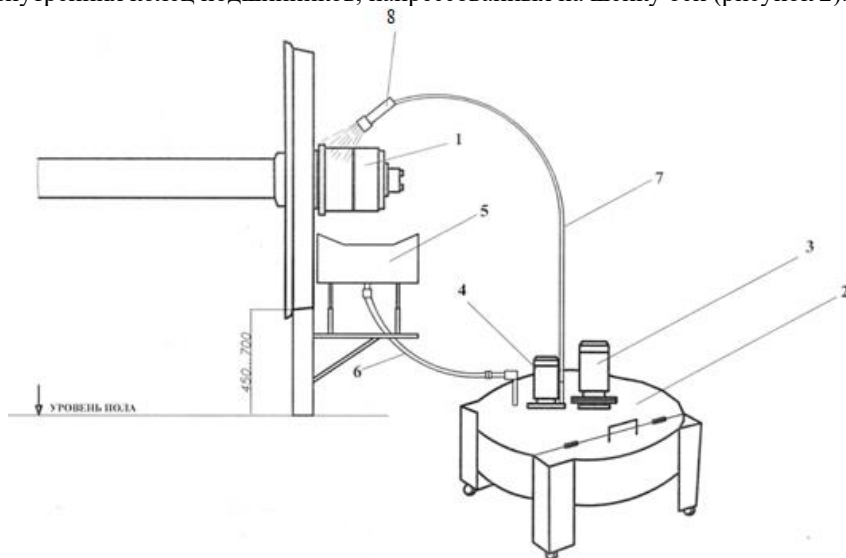


Рисунок 2 – Схема передвижной суспензионной системы

- 1* – внутренние кольца подшипников; *2* – система рециркуляции; *3* – электродвигатель перемешивания (ЭД «мешалки»); *4* – насос с электродвигателем для подачи суспензии; *5* – поддон сливной; *6* – шланг обратного слива суспензии в бак системы; *7* – шланг подачи суспензии; *8* – устройство ручного полива («пистолет»)

Данная система включает бак для сбора и перемешивания суспензии, конструкция которого обеспечивает простой доступ для визуального контроля количества суспензии; насос с электродвигателем для подачи суспензии; устройство перемешивания суспензии (мешалки с электродвигателем); шланг с устройством ручного полива; шланг слива суспензии из поддона в бак системы рециркуляции; поддон для слива суспензии; пульт управления.

Отличительная особенность системы состоит в том, что суспензия стекает в сливной поддон, а из него движется по шлангу назад в бак суспензионной системы. Следовательно, для применения данной системы в различных местах дефектоскопии требуется наличие в них только сливных поддонов с гибким шлангом.

Для нанесения магнитной суспензии при использовании рассматриваемой системы требуется установить шланг сливного поддона в бак насосной станции, после чего включить автоматический выключатель на пульте управления и двигатель мешалки для перемешивания суспензии (длительность перемешивания составляет 3–5 мин). Затем запускается электродвигатель насоса подачи суспензии, рукоятка крана подачи суспензии устанавливается в открытое положение для подачи суспензии в шланг к устройству ручного полива («пистолета»). После этого нажимается рукоятка пистолета, и суспензия равномерно распыляется на поверхность колец подшипников.

Оценка экономии средств при МПК с использованием системы рециркуляции. Выполним расчёт затрат средств, необходимых для контроля колец подшипников, напрессованных на шейку оси колёсной пары (КП), на установке типа РМ-8617 при использовании системы рециркуляции, учитывая, что средний расход магнитной суспензии при поливе из ёмкости (рисунок 3, *а*) составляет 0,25 л, а при распылении из распылителя (рисунок 3, *б*) – 0,15 л на одну КП.

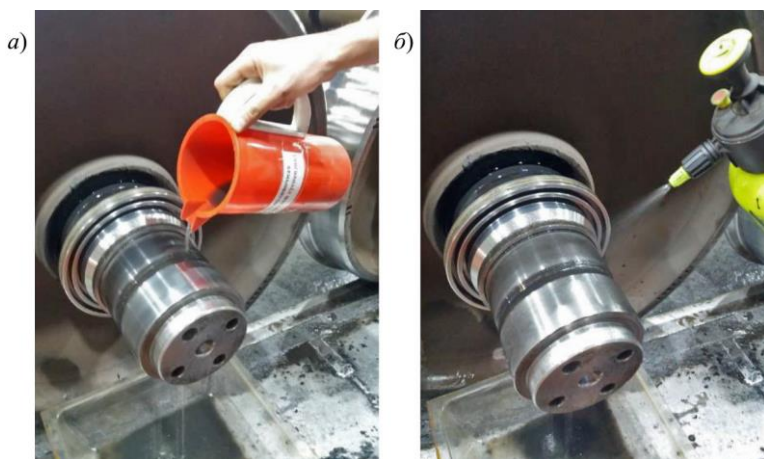


Рисунок 3 – Нанесение магнитной суспензии путём полива (*а*) и распыления (*б*) при проведении МПК внутренних колец подшипников, напрессованных на шейку оси

Для традиционного контроля одной КП путём полива требуется 8,75 г порошка, при использовании распылителя – 5,25 г. Расход магнитного порошка «Диагма-1100» в месяц составит 1050–1350 г при условии, что бак системы рециркуляции имеет ёмкость 30 л и концентрация порошка в суспензии, согласно паспорту, 40 ± 5 г/л воды. Повторное использование суспензии по рекомендациям завода-изготовителя допускается в течение месяца, так как в дальнейшем оно затруднено ввиду вспенивания и потери свойств.

В таблице 1 приведены результаты расчёта расхода МИ представленными способами при различных годовых объёмах среднего ремонта КП. Видно, что экономия магнитной суспензии при использовании системы рециркуляции уже только на проведении МПК колец подшипников, напрессованных на шейку оси (объём ремонта 4000 КП за 1 год), составляет 22,4 кг по сравнению с поливом из ёмкости и 8,4 кг – с применением распылителя, что в денежном эквиваленте составит 1008 и 378 бел. руб. соответственно.

Таблица 1 – Затраты суспензии «Диагма-1100» при МПК колец подшипников, напрессованных на ось КП

Объём ремонта N , шт.	Расход суспензии за год, г			Стоимость суспензии, бел. руб. за 1 г [10]*	Годовая стоимость суспензии, бел. руб.		
	Распыление $(5,25 \cdot N)$	Полив $(8,75 \cdot N)$	С рециркуляцией $(1050 \cdot 12)$		Распыление	Полив	С рециркуляцией
4000	21000	35000	12 600	0,045	945,00	1575,00	567,00
6000	31500	52500	12 600	0,045	1417,50	2362,50	567,00
9000	47250	78750	12 600	0,045	2126,25	3543,75	567,00

* Без учёта НДС.

Выполним аналогичный расчет затрат для МПК зубчатых колёс с использованием дефектоскопа УМДЗ (рисунок 4). В этом случае расход магнитного индикатора на большое зубчатое колесо одной КП составляет 27,5 г на «распыление» и 47,5 г на «полив». Исходя из того, что бак системы рециркуляции имеет ёмкость 30 л и концентрация порошка в суспензии, согласно паспорту, 30 ± 5 г/л воды, расход магнитного порошка «Диагма-1200» в месяц составит 750–1050 г.



Рисунок 4 – Нанесение магнитной суспензии при проведении МПК зубчатых колёс дефектоскопом УМДЗ

Из таблицы 2 следует, что экономия магнитной суспензии при использовании системы рециркуляции на проведении МПК большого зубчатого колеса при минимальном объёме 400 шт./год составляет 10 кг по сравнению с поливом из ёмкости и 2 кг по сравнению с простым распылителем, что в денежном эквиваленте составит 630 и 126 бел. руб. соответственно.

Таблица 2 – Затраты суспензии «Диагма-1200» при МПК большого зубчатого колеса

Объём ремонта N , шт.	Расход суспензии за год, г			Стоимость суспензии, бел. руб. за 1 г [11]*	Годовая стоимость суспензии, бел. руб.		
	Распыление $(27,5 \cdot N)$	Полив $(47,5 \cdot N)$	С рециркуляцией $(750 \cdot 12)$		Распыление	Полив	С рециркуляцией
400	11000	19000	9000	0,063	693,00	1197,00	567,00
800	22000	38000	9000	0,063	1386,00	2394,00	567,00
1000	27500	47500	9000	0,063	2992,50	3543,75	567,00

* Без учёта НДС.

В случае диагностики средней части оси КП дефектоскопом МД-12ПС (рисунок 5) расход магнитной суспензии составляет 12,5 г при распылении и 30 г при поливе. Затраты магнитного порошка «Диагма-1200» при использовании системы рециркуляции аналогичны предыдущему случаю.



Рисунок 5 – Нанесение МИ при проведении МПК средней части оси КП дефектоскопом МД-12ПС

В таблице 3 приведены результаты расчёта затрат суспензии для предприятий с различным годовым объёмом ремонта КП. Система рециркуляции при объёме 3000 пар за год позволяет сэкономить 81 кг МИ по сравнению с поливом из ёмкости и 28,5 кг по сравнению с простым распылением, а в денежном эквиваленте – 5103 и 1795,50 бел. руб. соответственно.

Таблица 3 – Затраты суспензии «Диагма-1200» при МПК средней части оси КП

Объём ремонта N , шт.	Расход суспензии за год, г			Стоимость суспензии, бел. руб. за 1 г [11]*	Годовая стоимость суспензии, бел. руб.		
	Распыление $(12,5 \cdot N)$	Полив $(30 \cdot N)$	С рециркуляцией $(750 \cdot 12)$		Распыление	Полив	С рециркуляцией
3000	37500	90000	9 000	0,063	2362,50	5670,00	567,00
6000	75000	180000	9 000	0,063	4725,00	11340,00	567,00
9000	112500	270000	9 000	0,063	7087,50	17010,00	567,00

* Без учёта НДС.

Заключение. Проведённый анализ показывает, что использование передвижной системы рециркуляции магнитной суспензии целесообразно только для определенных объектов контроля, имеющих в вагонных и локомотивных депо. Такая система на практике оправдывает свое существование, если количество таких объектов превышает некоторые расчетные значения.

С другой стороны, первоочередная задача мобильной станции заключается в применении её на различных участках дефектоскопии для деталей, подвергаемых МПК с использованием одного и того же типа МИ. Внедрение системы рециркуляции магнитной суспензии дает возможность сокращения времени на ее приготовление и сбор. Также снижаются затраты на закупку МИ. Они тем меньше, чем больше габариты контролируемых деталей и их количество.

Приведенный в работе расчёт затрат при применении магнитных суспензий «Диагма-1100» и «Диагма-1200», закупаемых в железнодорожной отрасли, на примере МПК внутренних колец подшипников, напрессованных на шейку оси, больших зубчатых колёс и средней части оси колёсной пары показал, что с увеличением объёма ремонта, а также номенклатуры проверяемых деталей в различных структурных подразделениях предприятий (в частности, в локомотивном хозяйстве) значительно уменьшаются финансовые затраты на приобретение МИ.

Следует учесть, что представлены расчеты затрат только для некоторых деталей, на контроль которых уходит небольшое количество МИ. Так, при проведении МПК больших деталей, таких как цельнокатаные колёса, колёсные центры, свободные оси КП, расход суспензии в зависимости от объёма ремонта при нанесении МИ путём полива и распыления может увеличиваться в десятки и сотни раз по сравнению с использованием системы рециркуляции магнитной суспензии.

Рассматриваемая система может работать с любым типом магнитной суспензии, что позволит приспособить её к любым деталям локомотивного и вагонного хозяйства, подвергающимся МПК. Для функционирования предлагаемой системы рециркуляции требуется лишь изготовление сливных поддонов под конкретные габариты проверяемых деталей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Advances in applications of Non-Destructive Testing (NDT): A review / M. Gupta [et al.] // Advances in Materials and Processing Technologies. – 2022. – Vol. 8, is. 2. – P. 2286–2307.

2 Бубела, А. И. Влияние различных факторов на чувствительность магнитопорошкового контроля / А. И. Бубела, К. Ю. Бабак // Главный механик. – 2022. – № 1. – С. 8–14.

3 ПР НК В.2. Правила неразрушающего контроля деталей и составных частей колёсных пар вагонов при ремонте. Специальные требования (утв. протоколом от 19–20 ноября 2013 г. № 59 Советом по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества), 2013. – 88 с.

4 ПР НК В.3. Правила неразрушающего контроля литых деталей тележек грузовых вагонов при ремонте. Специальные требования (утв. протоколом от 19–20 ноября 2013 г. № 59 Советом по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества), 2013. – 27 с.

5 ПР НК В.4. Правила неразрушающего контроля деталей автосцепного устройства и тормозной рычажной передачи вагонов при ремонте. Специальные требования (утв. протоколом от 19–20 ноября 2013 г. № 59 Советом по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества), 2013. – 37 с.

6 ИШДЖ.25202.00017. Технологическая инструкция. Неразрушающий контроль деталей и составных частей колёсных пар грузовых вагонов при ремонте. Магнитопорошковый метод (утв. приказом гл. инженера Бел. ж. д. от 03.04.2019 № 343НЗ, 2019. – 74 с.

7 Единый перечень деталей и узлов тягового подвижного состава, подлежащих неразрушающему контролю на Белорусской железной дороге (утв. приказом Бел. ж. д. от 30.06.2021 № 581НЗ), 2021. – 93 с.

8 СТП БЧ 17.250. Неразрушающий контроль деталей локомотивов и моторвагонного подвижного состава Белорусской железной дороги. Магнитопорошковый метод. Порядок проведения контроля (утв. приказом Бел. ж. д. от 30.06.2021 № 1348НЗ), 2012. – 91 с.

9 Štarman, S. Automated system for magnetic particle inspection of railway wheels // S. Štarman, V. Matz // 10th European Conference on Non-Destructive Testing. – Moscow, 2010. – P. 7–11.

10 Концентрат магнитной суспензии КМС «Диагма-1100», 1 кг [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ekb.prom-ob.com/product/koncentrat-magnitnoy-suspenzii-kms-diagma-1100/>. – Дата доступа : 20.10.2023).

11 Концентрат магнитной суспензии КМС «Диагма-1200», 1 кг [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://irkutsk.prom-ob.com/product/konsentrat-magnitnoj-suspenzii-kms-diagma-1200/>. – Дата доступа : 20.10.2023).

A. G. ОТОКА¹, O. V. KHOLODILOV¹, L. D. CHEPIK²

¹Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

²Design and Technical Center of the Belarusian Railway, Minsk, Belarus

MOBILE SUSPENSION SYSTEM WITH RECIRCULATION FOR MAGNETIC POWDER DEFECTOSCOPY OF WAGON AND LOCOMOTIVE PARTS

There is substantiated the feasibility of using a mobile pumping station both with a magnetic suspension recirculation system for magnetic particle testing of various parts in the car and locomotive facilities. The economic efficiency of using a pumping station is analyzed in comparison with applying a magnetic suspension by spraying and watering from a container for individual control objects.

Keywords: suspension, pumping station, recirculation system, parts of carriages and locomotives, magnetic particle testing, magnetic indicator.

Получено 14.10.2023