

И. С. Юдин, Р. Р. Часовников, К. Б. Копотун, Е. О. Лагунова, Д. С. Костин

СОВРЕМЕННЫЕ РОССИЙСКИЕ МЕТАЛЛОПОРОШКОВЫЕ ДЕФЕКТОСКОПЫ СЕРИИ «ЕРМАГ»

Аннотация. В статье рассматриваются современные металлопорошковые дефектоскопы как перспективные средства неразрушающего контроля ферромагнитных материалов. Оценены ключевые тенденции развития оборудования, включая применение высокочувствительных сенсоров, автоматизацию процессов нанесения порошка, внедрение цифровых систем визуализации и алгоритмов машинного зрения для интерпретации дефектных индикаторов. Особое внимание уделено сравнительному исследованию эффективности различных типов и модификаций металлопорошковых установок и конфигураций магнитных полей при контроле изделий сложной геометрии. Продемонстрированы преимущества современных установок в повышении точности диагностирования, снижении влияния и участия человека, а также расширении области применения метода.

Ключевые слова: дефектоскопия, неразрушающий контроль, инновации, производство, дефекты, магнитопорошковый дефектоскоп.

Для цитирования: Современные российские металлопорошковые дефектоскопы серии «ЕРМАГ» / И. С. Юдин, Р. Р. Часовников, К. Б. Копотун и др. // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 4. – С. 179–185. – DOI 10.46973/1818-5509_2025_4_179.

Введение

В области вагоностроения, локомотивостроения, а также ремонта и обслуживания подвижного состава железных дорог существует определенная тенденция к повышению качества выходной продукции. Это напрямую определяет состояние безопасности движения железных дорог России. В текущее время неотъемлемой частью всего производства и ремонта является диагностика и испытание узлов и деталей подвижного состава. Именно дефектоскопирование играет ключевую роль в определении состояния и остаточного ресурса той или иной составляющей подвижного состава.

Основываясь на официальной статистике ОАО «РЖД» за последние пять лет наблюдается увеличение количества отцепляемых вагонов по причине выхода из строя одного или нескольких основных узлов (рис. 1). Согласно представленной диаграмме, наиболее частой причиной отцепки вагона в текущий ремонт является неисправность колёсной пары.

Колёсная пара занимает ключевое место в конструкции подвижного состава железнодорожного транспорта, так как именно на неё ложатся основные динамические и статические нагрузки. Этот узел играет важную роль в обеспечении передачи сил между колесом и рельсом, а также в поддержании устойчивости движения и безопасности поезда в различных условиях эксплуатации. Поэтому усовершенствование методов диагностики колёсных пар становится важным шагом для повышения безопасности на железной дороге. Прогресс в области неразрушающего контроля и внедрение автоматизированных систем мониторинга позволяют эффективно обнаруживать неисправности, предсказывать срок службы компонентов и оптимизировать процессы технического обслуживания.

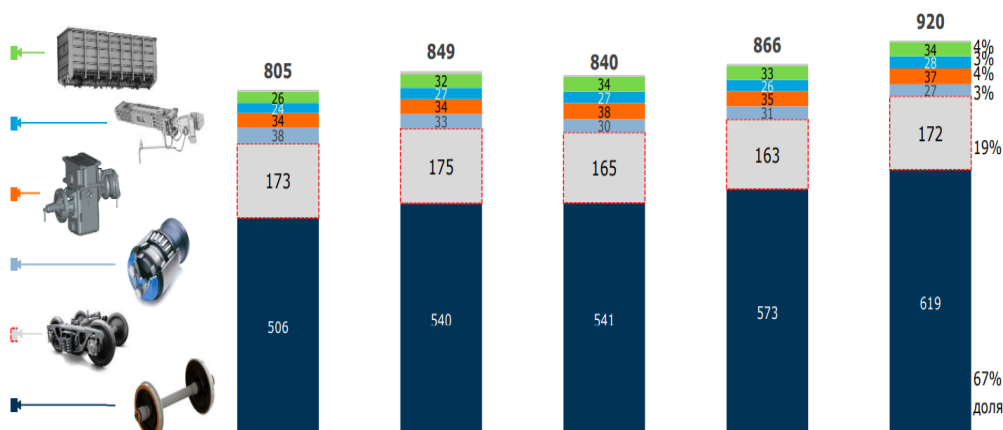


Рис. 1. Статистика отцепок вагонов за 2021-2025 годы

Значительная часть неисправностей на пути следования может быть исключена путем грамотного диагностирования магнитопорошковым методом контроля (далее МПК) состояния колесных пар и назначения срока гарантированной безотказной работы. Этим вопросом занимается русская компания ООО «АктивТестГрупп», её инженеры разрабатывают и внедряют в производство современные дефектоскопы серии «ЕрМаг», которые стали следующим шагом на пути к совершенству неразрушающего контроля подвижного состава и его составных узлов (рис. 2).

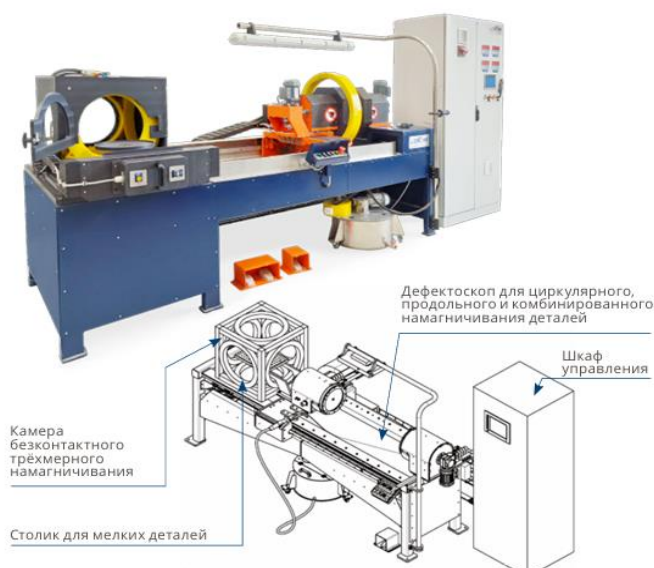


Рис. 2. Магнитопорошковый дефектоскоп ЕрМаг 1000 3D

Дефектоскопы серии «ЕрМаг», имеют схожие технические возможности. Они показывают высокую степень универсальности при контроле различных изделий. В зависимости от конфигурации дефектоскопа возможно обследование деталей различной длины, диаметра и формы – от коротких заготовок до валов и других крупных деталей длиной до нескольких метров.

Каждый дефектоскоп имеет базовую комплектацию:

- Контактно-зажимные устройства с электромеханическим / пневматическим приводом для зажима детали и пропускания тока циркулярного намагничивания;
- Соленоид продольного намагничивания / электромагниты продольного намагничивания, встроенные в контактно-зажимные устройства;
- Система вращения детали в контактно-зажимных устройствах;

- Неподвижные и подвижные ролики-опоры для позиционирования деталей переменного диаметра и сложной формы;
- Суспензионная система с функцией размагничивания и устройством автоматического перемешивания суспензии;
- Система полива: автоматический полив из адаптивных форсунок и ручной пистолет;
- Система управления: силовой шкаф с сенсорным экраном для задания параметров намагничивания, выносной или установленный на раме дефектоскопа пульт управления, ножной пульт управления;
- Система освещения белым и / или ультрафиолетовым светом на подвижной или фиксированной консоли.

В дефектоскопах «ЕрМаг» реализовано до 18 различных режимов намагничивания – это комбинации продольного, циркулярного, а также комбинированного намагничивания. При намагничивании с продольным током применяется динамическая стабилизация тока: амплитуда тока поддерживается постоянной при изменении нагрузки (например, при контроле детали с переменным сечением). Это важно, поскольку сопротивление такого соленоида может сильно изменяться, что без стабилизации приведёт к нестабильному магнитному полю и непредсказуемой чувствительности (рис. 3).

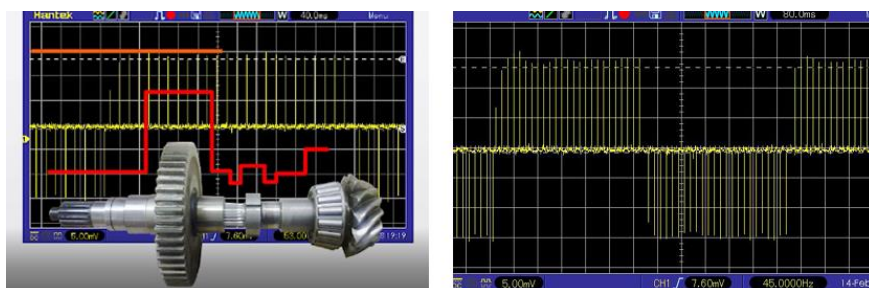


Рис. 3. Динамическая стабилизация тока

Данная серия дефектоскопов позволяет существенно поднять производительность труда и сократить количество рабочих путем высокой степени автоматизации процесса диагностирования. Исключение человеческого фактора позволит практически избавиться от дальнейших отказов работы узлов подвижного состава. Автоматизация охватывает также процесс нанесения и рециркуляции магнитной суспензии, что гарантирует стабильное проявление дефектов и сокращает расход материалов. Размагничивание выполняется автоматически с использованием переменного тока с постепенным снижением амплитуды, что снимает остаточную намагниченность без ручного вмешательства (рис. 4).

Наименование характеристики	Значение
Максимальный ток циркулярного намагничивания (переменный 50 Гц/переменный 1 Гц/постоянный — однополупериодное выпрямление)	От 200 до 7000 А ($\pm 10\%$)
Максимальное амплитудное значение напряжённости магнитного поля в центре соленоида продольного намагничивания (ток намагничивания переменный 50 Гц/1 Гц, постоянный — однополупериодное выпрямление)	$300 \pm 10\%$ А/см
Частота размагничивающего поля системы продольного/циркулярного намагничивания	50 Гц; 1 Гц
Остаточная намагниченность объекта контроля	не более 3 А/см
Объем суспензионного бака	50 л
Освещенность зоны контроля белым светом	не менее 1000 лк
Номинальная мощность	450 кВА

Рис. 4. Основные параметры магнитного поля

Все эти функции соединены в программной системе управления, которая обеспечивает стабильность и точность результатов, а также возможность настройки параметров под

определенный тип деталей, значительно повышая эффективность и надежность работы (рис. 5).

Оператор управляет процессом МПК через панель, в которой он настраивает параметры намагничивания и размагничивания, а именно тип магнитного поля (циркулярное, продольное или комбинированное), тип тока, амплитуду и длительность. Система также составляет последовательность операций, включая фиксацию детали, подачу или рециркуляцию магнитной суспензии, намагничивание и размагничивание (рис. 6). В ходе работы токи стабилизируются, обеспечивая равномерное магнитное поле, которое необходимо для обнаружения трещин и дефектов в деталях. Наличие автоматических систем управления позволяет минимизировать участие оператора. В системе присутствует встроенная память для параметров контроля различных типов деталей, это позволяет быстро переключаться между режимами при проверках без необходимости дополнительных настроек. Данная функция ускоряет процесс диагностирования, повышает стабильность и снижает вероятность ошибок оператора.



Рис. 5. Шкаф управления

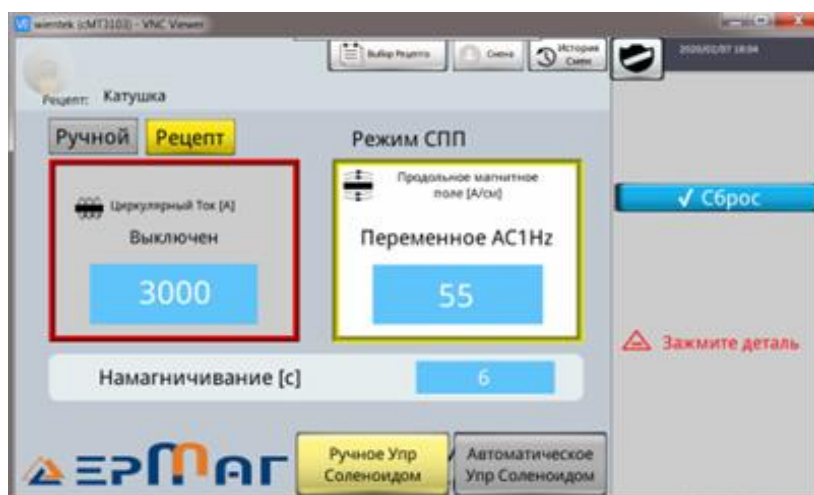


Рис. 6. Панель управления параметрами намагничивания на сенсорном экране

Дефектоскопы позволяют использовать различные порошки, а именно цветные и люминесцентные. Использование люминесцентных порошков позволяет более выразительно проявлять дефекты, поскольку подсветка ультрафиолетом делает накопление порошка на дефектах легко заметным (рис. 7).

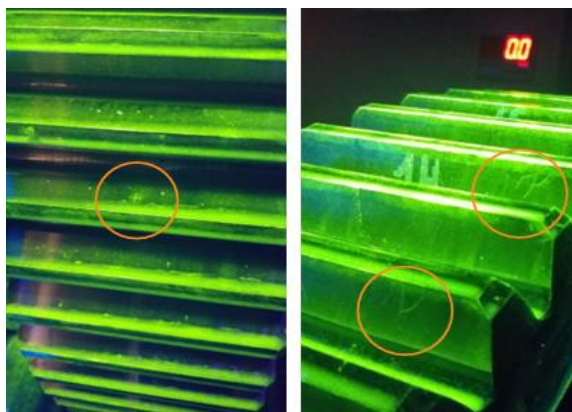


Рис. 7. Выявление искусственного дефекта и трещин на зубцах с использованием люминесцентного порошка

Люминесцентные порошки светятся при облучении ультрафиолетом, и без затемнения рабочей зоны свечение этих частиц может быть едва заметным или полностью теряться на фоне окружающего света. В связи с этим требуется дополнительное оснащение в виде затемняющей кабины.

Затемняющая кабина (рис. 8) ограничивает попадание постороннего освещения, формируя тёмное пространство, где любые дефекты, проявленные флуоресцентными частицами, становятся легко различимыми.



Рис. 8. Затемняющая кабина

Ультрафиолетовые светильники создают ультрафиолетовое освещение поверхности детали, что обеспечивает равномерное свечение частиц и чёткую визуализацию дефектов (рис. 9).

С помощью данного подхода можно проводить неразрушающий контроль наиболее ответственных узлов и деталей, такие как зубчатые колеса, дорожки качения внутренних и наружных колец роликовых подшипников, ролики подшипника.



Рис. 9. Ультрафиолетовый светильник

Заключение.

Дефектоскопы серии «ЕрМаг» высокоэффективны и надежны в процессах неразрушающего контроля. Они выявляют дефекты на узлах и деталях подвижного состава с отличительной точностью. Данные устройства имеют возможности использования разных схем намагничивания, а также могут использоваться как автоматизированные комплексы с возможностью ручных режимов работы. Существует возможность использования цветных и люминесцентных порошков. Можно оснащать аппараты дополнительными функциями, такие как интеграция с оснасткой, подача суспензий и использование ультрафиолетовых светильников, которые позволяют настроить дефектоскопирование под специальные нужды предприятий.

Список литературы

1. ООО «ПК НЭВЗ» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nevz.com/contact.php> (дата обращения 14.11.2025).
2. ООО «АктивТестГруп» [Электронный ресурс]. – URL: <https://activetest.ru> (дата обращения 14.11.2025).
3. ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rzd.ru> (дата обращения 14.11.2025).

References

1. LLC "PK NEVZ" [Electronic resource]. - URL: <https://www.nevz.com/contact.php> (date of access 11/14/2025).
2. LLC "AktivTestGroup" [Electronic resource]. – URL: <https://activetest.ru> (date accessed 11/14/2025).
3. JSC Russian Railways [Electronic resource]. – URL: <https://www.rzd.ru> (accessed 11/14/2025).

I. S. Iudin, R. R. Chasovnikov, E. A. Kopotun, E. O. Lagunova, D. S. Kostin

**MODERN RUSSIAN METAL POWDER FLAW DETECTORS
OF THE «ERMAG» SERIES**

Abstract. This article examines modern metal-powder flaw detectors as promising non-destructive testing tools for ferromagnetic materials. Key trends in equipment development are assessed, including the use of highly sensitive sensors, automated powder application processes, and the introduction of digital visualization systems and machine vision algorithms for interpreting defect indicators. Particular attention is paid to a comparative study of the effectiveness of various types and modifications of metal-powder systems and magnetic field configurations when testing complex-geometry components. The advantages of modern systems in improving diagnostic accuracy, reducing human intervention and involvement, and expanding the scope of application of the method are demonstrated.

Keywords: flaw detection, non-destructive testing, innovation, defects, quality control, magnetic particle flaw detector.

For citation: Modern Russian Metal Powder Flaw Detectors of the «ERMAG» Series / I. S. Iudin, R. R. Chasovnikov, E. A. Kopotun, et all // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobsheniya. – 2025. – № 4. – P. 179–185. – DOI 10.46973/1818-5509_2025_4_179.

Сведения об авторах**Юдин Иван Семенович**

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
студент,
e-mail: yudin.ivan.2002@mail.ru

Information about the authors**Iudin Ivan Semenovich**

Rostov State Transport University (RSTU),
Student,
e-mail: yudin.ivan.2002@mail.ru

Часовников Роман Романович

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
студент,
e-mail: fallenYami@yandex.ru

Копотун Кира Борисовна

Российский университет транспорта (РУТ
(МИИТ)),
студент,
e-mail: kirakopotu@yandex.ru

Лагунова Елена Олеговна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Строительная механика»,
заведующий кафедрой,
доктор технических наук, доцент,
e-mail: eolagunova@rgups.ru

Костин Дмитрий Сергеевич

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
студент,
e-mail: Dimon12rnd@gmail.com

Chasovnikov Roman Romanovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Student,
e-mail: fallenYami@yandex.ru

Kopotun Kira Borisovna

Russian University of Transport (RUT
(MIIT)),
e-mail: kirakopotu@yandex.ru

Lagunova Elena Olegovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Structural Mechanics»,
Head of the Chair,
Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: eolagunova@rgups.ru

Kostin Dmitriy Sergeevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Student,
e-mail: Dimon12rnd@gmail.com