

В результате расчета на прочность кузова вагона и рамы пассажирских тележек дизель-поезда ДРБ1, с учетом их реального физического состояния тележек, установлено, что прочность при всех расчетных режимах удовлетворяет требованиям Норм. Полученные результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения максимальных напряжений по конструктивным группам металлоконструкции рам тележек и кузова вагона дизель-поезда ДРБ 1

Режимы нагружения	Кузов вагона	Рама тележки
I(а), растяжение	Балки боковые 124,79 (47 % от допускаемых)	
I(а), сжатие	Обшивка боковой стены 201,78 (76 % от допускаемых)	
I(б)	Обшивка боковой стены 215,06 (81 % от допускаемых)	Центральная плита 179,4 (65 % от допускаемых)
II(а)	Обшивка боковой стены 104,43 (59 % от допускаемых)	Центральная плита 162,8 (59 % от допускаемых)
II(б)	–	Центральная плита 154,6 (56 % от допускаемых)
II(в)	–	Центральная плита 157,3 (57 % от допускаемых)
III	Обшивка боковой стены 99,12 (56 % от допускаемых)	–
IV(а)	Обшивка боковой стены 71,69 (27 % от допускаемых)	–
IV(б)	Обшивка боковой стены 79,65 (30 % от допускаемых)	–

Выполненный комплекс расчетов, позволил дать оценку напряженно-деформированного состояния несущей конструкции кузова и рам тележек дизель-поезда ДРБ1 при различных режимах нагружения. Приведенные результаты распределения напряжений носят принципиальный характер, позволяют выявить наиболее нагруженные области конструкции и могут быть использованы при разработке схемы установки тензометрических датчиков для проведения натурных испытаний вагона, а также станут основой для разработки конструкторско-технологических мероприятий по усилению выявленных конструктивных областей в рамках выполнения ремонтных работ в депо.

Список литературы

- 1 Огородников, Л. В. Анализ неисправностей дизель-поездов серии ДР1 и подготовка для оценки напряженно-деформированного состояния несущих металлоконструкций / Л. В. Огородников, Г. Е. Брильков, С. М. Пытлев // Проблемы безопасности на транспорте : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 125–127.
- 2 ГОСТ 33796–2016. Моторвагонный подвижной состав. Требования к прочности и динамическим качествам. – Минск : Госстандарт, 2017. – 40 с.

УДК 629.424.3:620.1

СРАВНЕНИЕ ВЫЯВЛЯЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МЕТОДОВ КАПИЛЛЯРНОГО И МАГНИТОПОРОШКОВОГО КОНТРОЛЯ В УСЛОВИЯХ ЛОКОМОТИВНОГО ХОЗЯЙСТВА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

А. Г. ОТОКА

Гомельское вагонное депо, Белорусская железная дорога

О. В. ХОЛОДИЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В соответствии с Единым перечнем деталей и узлов тягового подвижного состава, подлежащих неразрушающему контролю на Белорусской железной дороге [1], капиллярному контролю (КПК)

подвергается более 50 наименований в зависимости от серий тепловозов и дизель-поездов, в то время как магнитопорошковому контролю (МПК) – более 1000.

Капиллярный контроль деталей и узлов тягового подвижного состава при определенных условиях может выполняться как основным методом, так и как подтверждающий наряду с МПК. Капиллярный контроль является старейшим методом неразрушающего контроля и самым чувствительным методом обнаружения поверхностных дефектов.

Необходимыми условиями выявления трещинообразных дефектов при КПК и проникновения в них пенетранта является отсутствие загрязнений и других посторонних веществ как в самой несплошности, так и у ее выхода на поверхность объекта контроля. При этом глубина несплошности должна значительно превышать ширину ее раскрытия. Также важным условием является обеспечение хорошей смачиваемости пенетрантом материала объекта контроля.

В зависимости от светокolorистических свойств пенетранта и, соответственно, способа получения первичной информации они подразделяются на несколько групп: яркостные (ахроматические), цветные (хроматические), люминесцентные и люминесцентно-цветные.

Визуализация несплошностей облегчается как вследствие наличия яркостного (цветового) контраста индикаторных рисунков на фоне поверхности объекта контроля, так и за счет большей ширины индикаторного рисунка по сравнению с действительной шириной раскрытия самой несплошности (в большинстве случаев значительно), причем ширина следа дефекта увеличивается с увеличением глубины дефекта [2].

Капиллярный контроль позволяет контролировать объекты любых размеров и формы из ферромагнитных и неферромагнитных, черных и цветных металлов и их сплавов, пластмасс, стекла, керамики и других конструкционных материалов.

В локомотивном хозяйстве Белорусской железной дороги широкое применение получили яркостный и цветной методы. Яркостный КПК считается самым простым. К нему относится также метод керосиново-меловой пробы, который еще в прошлом веке был успешно применен для обнаружения трещин на полированных шейках осей паровозов и вагонов. Керосиново-меловая проба длительное время была обязательным методом контроля всех шеек осей колесных пар. Значительно позже арсенал средств обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте пополнили магнитный и ультразвуковой методы контроля, потеснив КПК [3].

Чувствительность КПК определяют по размеру наименьших выявляемых реальных или искусственно инициированных дефектов. В соответствии со стандартом [4] основным параметром дефекта, по которому оценивают чувствительность, является ширина его раскрытия. Поскольку глубина и длина дефекта также оказывают существенное влияние на возможность его обнаружения (в частности, глубина должна быть существенно больше раскрытия), эти параметры считают стабильными.

Нижний порог чувствительности (минимальная величина раскрытия выявленных дефектов) определяется тем, что весьма малое количество пенетранта, задержавшееся в полости небольшого дефекта, оказывается недостаточным, чтобы получить контрастную индикацию при данной толщине слоя проявляющего вещества. Существует также верхний порог чувствительности, который определяется тем, что из широких, но не глубоких дефектов пенетрант вымывается при удалении излишков пенетранта с поверхности [5].

Основными способами нанесения дефектоскопических материалов при КПК являются аэрозольный и кистевой. Составы наборов не должны ухудшать эксплуатационные качества материала контролируемых деталей и конструкций.

В зависимости от минимального размера дефектов, поддающихся выявлению, КПК может соответствовать одному из следующих классов чувствительности: I (до 1 мкм), II (от 1 до 10 мкм), III (от 10 до 100 мкм), IV (от 100 до 500 мкм) и технологический (минимальная ширина раскрытия дефекта не нормируется) [4].

Капиллярный контроль часто сравнивают с магнитопорошковым по причине высокой чувствительности к поверхностным дефектам. Например, при МПК выявляются поверхностные дефекты шириной раскрытия от 2 мкм и протяженностью 0,5 мм, а при капиллярном выявляются дефекты с раскрытием порядка 1 мкм.

Магнитопорошковый контроль является основным на Белорусской железной дороге. В настоящее время магнитную суспензию при проведении МПК наносят путем распыления (из распылителя) или полива из емкости.

Для сравнения рассмотрим применение этих методов на примере контроля шейки коленчатого вала при выявлении сетки трещин.

На рисунке 1 видно, что сетка трещин хорошо выявляется как КПК, так и МПК. Однако сетка трещин более отчетливо видна всё-таки при проведении МПК. Поэтому для достижения высокой чувствительности при КПК нужно применять хорошо смачивающие высококонтрастные пенетранты, лакокрасочные проявители, увеличивать освещенность объекта. Оптимальное сочетание этих факторов позволяет опытному дефектоскописту обнаружить дефекты с раскрытием в десятые доли микрометра.

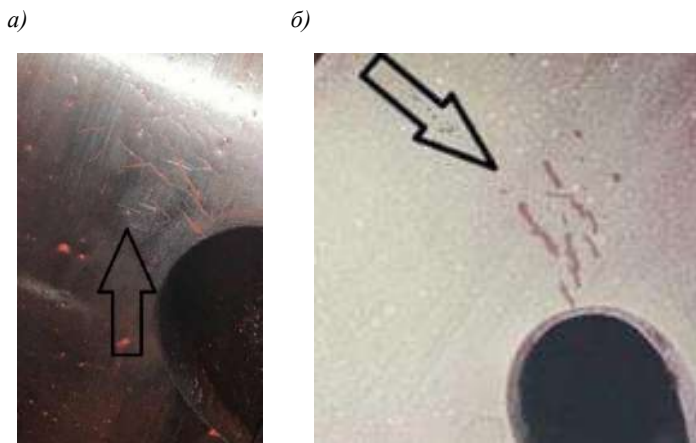


Рисунок 1 – Индикаторный рисунок после проведения КПК и МПК шейки коленчатого вала (зона канала для подачи масла):
a – капиллярный контроль [MR68С (пенетрант), MR70 (проявитель), MR79 (очиститель)];
б – магнитопорошковый контроль (концентрат магнитной суспензии «Mi-Glow 850»)

Сравним применение КПК и МПК на примере выявления трещины пальца прицепного шатуна дизеля 5Д49.

На рисунке 2, *б* видно, что после МПК торцевой части пальца прицепного шатуна хорошо выявляется трещина, которую визуалью до проведения контроля обнаружить не представлялось возможным (рисунок 2, *а*).

После проведения контроля этой же зоны пальца прицепного шатуна капиллярным методом трещина выявлена не была. Причины отсутствия индикаторного рисунка могут быть разными. Не исключено, что из-за сложной конфигурации зоны контроля могло произойти вымывание пенетранта при нанесении проявителя.

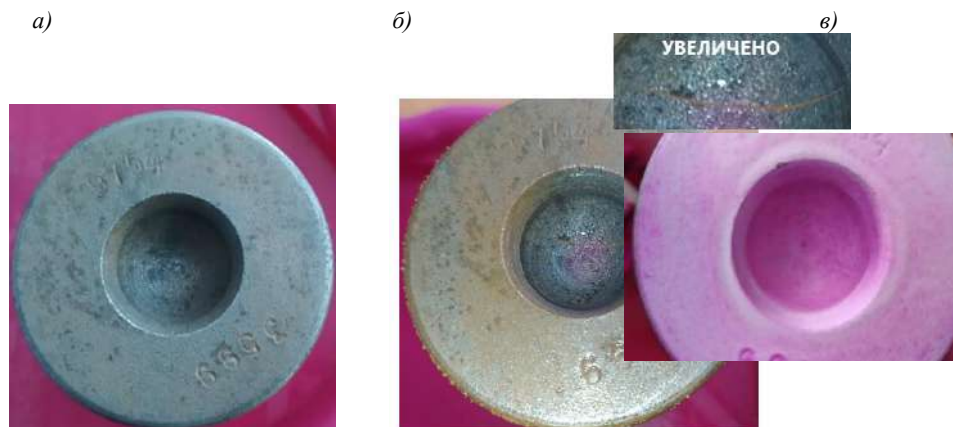


Рисунок 2 – Сравнение полученных индикаторных рисунков на примере выявления трещины в торцевой части пальца прицепного шатуна:
a – до проведения контроля; *б* – после проведения МПК (концентрат магнитной суспензии «Диагма-1200»);
в – после проведения КПК [MR68С (пенетрант), MR70 (проявитель), MR79 (очиститель)]

В заключение следует отметить, что КПК локомотивных деталей из ферромагнитных материалов всё же уступает по чувствительности МПК по ряду причин, описанных выше. Однако в настоящее время интерес к КПК всё больше возрастает.

Как показывает практика, применение КПК связано, в первую очередь, с тем, что этот вид контроля занимает сравнительно мало времени и предполагает получение результатов «на месте». Также капиллярный метод относительно прост, и некоторые места деталей и узлов можно проконтролировать непосредственно под локомотивом при проведении его технического обслуживания.

При невозможности проведения МПК таких деталей и узлов локомотивов по каким-либо причинам (немагнитные и неметаллические материалы, трудность размагничивания, контроль объемных дефектов типа поры и др.) предпочтение отдается КПК. Обладая высокой чувствительностью выявления поверхностных дефектов, метод может применяться практически в полевых условиях (под локомотивом).

Стоит отметить, что выявляемость дефектов существенно зависит от точности выполнения технологических операций проведения КПК, опыта и состояния здоровья дефектоскописта («человеческий фактор»).

Список литературы

1 Единый перечень деталей и узлов тягового подвижного состава, подлежащих неразрушающему контролю на Белорусской железной дороге : утв. приказом от 30.06.2021 № 581НЗ. – Введ. 2021-07-01. – 93 с.

2 СТБ 1172–99. Контроль неразрушающий. Контроль проникающими веществами (капиллярный). Основные положения. – Взамен ГОСТ 18442-80; введ. 1999-08-30. – Минск : Госстандарт, 1999. – 13 с.

3 Прохоренко, П. П. Физические методы неразрушающего контроля – качеству литейных материалов / П. П. Прохоренко // Литье и металлургия. – 2007.– № 1 (41). – С. 136–139.

4 ГОСТ 18442–80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования. – Взамен ГОСТ 18442–73; введ. 01.07.1981 – 26 с.

5 Методы контроля проникающими веществами. Капиллярный метод [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://vactron.ru/index.php/library/lection/100-metody-kontrolya-proni-kayushchimi-veshchestvami-kapillyarnyj-metod>. – Дата доступа : 21.09.2022.

УДК 629.436

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДИЗЕЛЕЙ ТЕПЛОВЗОВ

С. А. ПЕТУХОВ, М. Ю. КАРПЕНКО, Р. А. ШАХНАЗАРЯН, К. А. ПАВЛОВ

Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Условия эксплуатации определяют режимы работы дизелей тепловозов, а режимы, при прочих равных условиях, – износ трущихся деталей. Анализ опубликованных работ в данной области исследования показывает, что надежность и безопасность эксплуатации дизелей тепловозов в большей степени зависит от скорости изнашивания и величины износа лимитирующих деталей, таких как ЦПГ и КШМ. В зависимости от ряда факторов до 90 % отказов двигателей обусловлено износом деталей, поэтому борьба с ним является одним из путей повышения экономичности и эффективности эксплуатации тепловозов [1].

Эксплуатация дизелей тепловозов нередко осуществляется под чрезмерной нагрузкой при заниженных температурах рабочих жидкостей, притом что выше 4-й позиции запрещается осуществлять набор контроллера машиниста [2].

Например, последствия эксплуатации дизелей тепловозов с заниженной температурой моторного масла приводят к нарушению теплообменных процессов, из-за чего может возникнуть риск образования дефектов в виде трещин на поверхностях деталей цилиндрического комплекта [3].

Самый неблагоприятный режим трения в цилиндре происходит в зоне с малыми скоростями поршня при реверсировании, в частности, у камеры сгорания. При этом максимальное давление составляет 6–16 МПа [4]. Такие условия способствуют выгоранию масляной пленки в момент такта сжатия и потере ее смазывающей способности (рисунок 1).

В комплекс мероприятий управления надежностью деталей ЦПГ, лимитирующих ресурс дизелей тепловозов, входят конструкторско-технологические и эксплуатационные методы (рисунок 2).

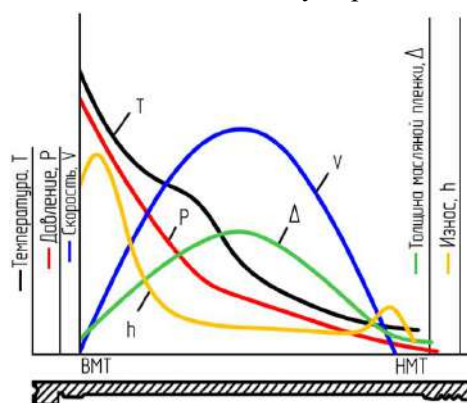


Рисунок 1 – Изменение температуры T , давления P , толщины масляной пленки Δ , скорости скольжения поршня v и износа h по длине втулки цилиндров четырехтактных дизелей