

Афанасов А. М., профессор, доцент кафедры «Электроподвижной состав железных дорог»,  
 Письменный Е. А., заместитель директора,  
 Скогарев И. Е., главный инженер,  
 Кобозев А. Я., старший научный сотрудник,  
 Гергель Н. А., младший научный сотрудник,  
 Викторова Е. А., специалист I категории,  
 Научно-исследовательский институт подвижного состава путей и транспортных сооружений,  
 Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта  
 им. академика В. Лазаряна

УДК 629.42:620.179.1

## Продление срока службы несущих конструкций локомотивов: критерии выбора метода неразрушающего контроля

С целью продления срока службы несущих конструкций локомотивов определяется их остаточный ресурс. Одним из аспектов работ по определению остаточного ресурса несущих конструкций является проведение неразрушающего контроля. Существующие методы неразрушающего контроля имеют ряд особенностей при работе в депо. Рассмотрены применяемые на сегодняшний день методы неразрушающего контроля, их особенности, достоинства и недостатки с позиции использования в условиях депо. Результаты исследований и практической деятельности позволяют определить оптимальный вариант проведения неразрушающего контроля с учетом эффективности использования метода неразрушающего контроля и стоимости расходных материалов.

Актуальность проблемы определения временных границ работоспособности несущих конструкций локомотивов состоит в том, что значительная часть тягового подвижного состава железных дорог Украины выработала свой срок службы. Однако экономическое положение Укрзалызниці не позволяет произвести своевременную замену всего тягового подвижного состава в сжатые сроки.

Определение остаточного ресурса несущих конструкций с целью обоснования нового срока службы (или прекращения их использования) в настоящее время выполняется согласно действующим методикам и техническим условиям на продление срока службы локомотивов при проведении текущих ремонтов в условиях депо или капитальных ремонтов на территории аттестованных на эти виды ремонтов предприятий.

Одним из аспектов работ по определению остаточного ресурса несущих конструкций является проведение неразрушающего контроля. Неразрушающий контроль проводится с целью выявления усталостных трещин, которые развиваются в несущих конструкциях в процессе эксплуатации. Своевременное выявление дефектов дает возможность проведения ремонта или изъятия из эксплуатации несущих конструкций локомотивов, что является одним из непременных условий безопасности и бесперебойности движения поездов.

Проведение неразрушающего контроля несущих конструкций локомотивов при выполнении текущих ремонтов в депо требует полной очистки несущих конструкций от загрязнений и коррозионных отложений. Данный процесс осложнен тем, что большинство депо не оборудовано машинами для отмывки деталей большого размера, а основной особенностью эксплуатации тепловозов является сильное загрязнение тележек и рамы кузова смесью грязи с горюче-смазочными материалами. Проведение неразрушающего контроля загрязненных деталей абсолютно неэффективно и недопустимо. Кроме того, как правило, рамы тележек локомотивов являются

литыми конструкциями, поэтому имеют на своей поверхности весь спектр поверхностных дефектов литья: раковины, наплывы, различного вида неровности, которые не влияют на несущую способность, но влияют на время проведения неразрушающего контроля.

В данной статье не будут рассматриваться стелы для проведения неразрушающего контроля цельных элементов несущих конструкций, т. к. локомотивные депо ими не оборудованы, а транспортировка рам тележек и кузовов в иное место нерентабельна. Остановим свое внимание только на компактных переносных устройствах.

В зависимости от принципа работы все виды неразрушающего контроля, применимые в условиях диагностики в депо, делятся на акустические (ультразвуковые), капиллярные, маг-

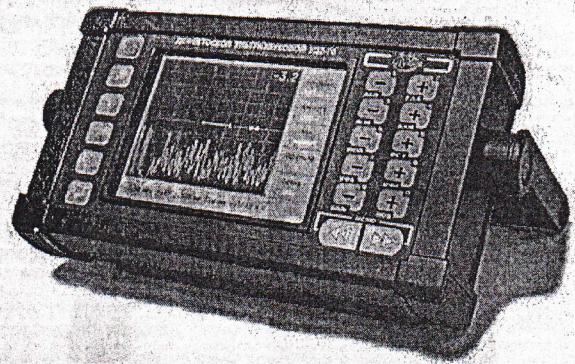


Рис. 1. Ультразвуковой дефектоскоп



Рис. 2. Феррозондовый дефектоскоп

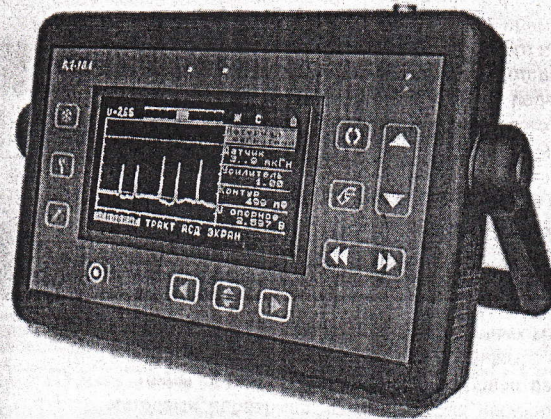


Рис. 3. Вихретоковый дефектоскоп

нитные (или магнитопорошковые), оптические (визуально-оптические), электромагнитные и токовихревые (методы вихревых токов) [1].

Самый простой метод неразрушающего контроля — это визуальный [2]. К сожалению, данный вид контроля способен выявить только сильно развитые поверхностные трещины с раскрытием более 0,1–0,2 мм и значительной протяженностью 30–60 мм, и только при хорошем освещении. Поэтому он не может рассматриваться как эффективный самостоятельный метод контроля, но в сочетании с другими методами контроля может использоваться для проведения первичной диагностики и предварительной оценки состояния несущих конструкций.

Ультразвуковой контроль основан на распространении ультразвуковых волн в контролируемом объекте и наблюдении или сигнала, прошедшего (метод прохождения), или сигнала, отраженного или дифрагированного от любой поверхности или неоднородности (метод отражения). Данный метод применяют для обнаружения поверхностных и внутренних дефектов — нарушений сплошности, неоднородности структуры и т. п. в деталях и изделиях, изготовленных из различных материалов [3].

Данный метод позволяет контролировать как геометрические параметры при одностороннем допуске к изделию, так и физико-механические свойства металлов и металлоизделий без их разрушения. В настоящее время разработаны и успешно применяются теневой, резонансный, эхо-импульсный, эмиссионный, велосиметрический, импедансный и метод свободных колебаний. Ультразвуковой метод неразрушающего контроля требует подготовки поверхности для ввода ультразвука в металл (рис. 1), в частности создания шероховатости поверхности не ниже класса 5, в случае со сварными соединениями еще и направления шероховатости (перпендикулярно шву). Ввиду большого акустического сопротивления воздуха малейший воздушный зазор может стать неодолимой преградой для ультразвуковых колебаний, поэтому для устранения воздушного зазора на контролируемый участок изделия предварительно наносят контактные жидкости, такие как вода или масло. При контроле вертикальных или сильно наклоненных поверхностей необходимо применять густые контактные жидкости с целью предотвращения их быстрого стекания. Как правило, ультразвуковая дефектоскопия не дает ответа на вопрос о реальных размерах дефекта, а дает информацию лишь о его отражательной способности в направлении приемника. Кроме того, некоторые дефекты практически невозможно выявить ультразвуковым мето-

дом в силу их характера, формы или расположения в объекте контроля.

Принцип действия феррозондового дефектоскопа (рис. 2) основан на том, что при движении феррозонда (чувствительного элемента, реагирующего на изменение магнитного поля) вдоль изделия вырабатываются импульсы тока, форма которых зависит от наличия дефектов в изделии. Данный вид дефектоскопов обладает высокой чувствительностью и позволяет выявлять дефекты с шириной раскрытия в несколько микрометров и глубиной от 0,1 мм [4]. Анализ применения феррозондовых дефектоскопов и их технических характеристик показал, что существенным недостатком эксплуатации этих приборов является необходимость высокой чистоты обработки и очищенности поверхности контролируемого изделия.

К числу главных достоинств вихретокового метода следует отнести его универсальность и широкие функциональные возможности. Вихретоковый метод контроля позволяет определять геометрические размеры изделий, оценивать химический состав, структуру материала изделия, внутренние напряжения, обнаруживать поверхностные и подповерхностные (на глубине в нескольких миллиметрах) дефекты (рис. 3) [5]. В то же время применение этого метода затрудняется тем, что при контроле одного параметра другие являются помехосоздающими. Одним из основных недостатков вихретокового метода контроля является тот факт, что при проведении контроля

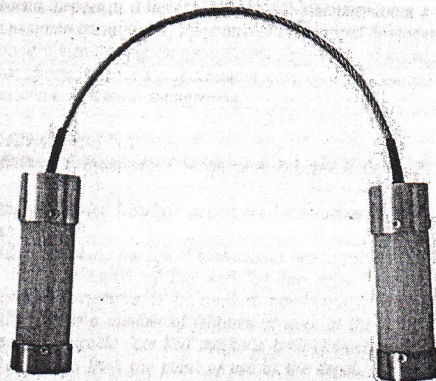


Рис. 4. Магнитопорошковый дефектоскоп

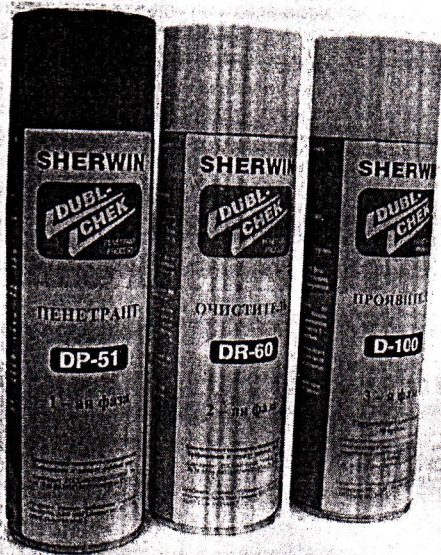


Рис. 5. Набор для капиллярного метода диагностики

необходимо выдерживать постоянное расстояние (как можно меньшее, не изменяющееся во времени) между объектом контроля и датчиком прибора, осуществляющим контроль. Кроме того, на результаты контроля вихретоковым методом сильно влияют ферромагнитные примеси контролируемого элемента, вносящие свою погрешность в измерения.

Магнитопорошковый метод основан на регистрации магнитных полей рассеивания, возникающих над дефектами, или на определении магнитных свойств контролируемых изделий. Эти методы позволяют обнаружить дефекты типа несплошности материала (трещины, волосовины, закаты), а также определить механические характеристики ферромагнитных сталей и чугунов по изменению их магнитных характеристик. Магнитопорошковый метод неразрушающего контроля (рис. 4) менее критичен к качеству поверхности и позволяют провести дефектоскопию всех «проблемных» мест, в любой плоскости, при использовании суспензии вместо порошка [6]. Недостатком данного метода является то, что зону поиска дефекта необходимо обследовать в несколько приемов для изменения направления приложенного поля, что ведет к дополнительным затратам времени.

Капиллярные методы основаны на капиллярном проникновении капель индикаторных жидкостей в полости поверхностных дефектов. При контроле этими методами на очищенную поверхность детали наносят проникающую жидкость (рис. 5), которая заполняет полости поверхностных дефектов. Затем жидкость удаляют, а оставшуюся в полостях дефектов часть обнаруживают с помощью проявителя, который образует индикаторный рисунок. Капиллярный метод можно применять в широком диапазоне температур и для контроля поверхностей любой формы. Капиллярный метод позволяет находить любые поверхностные дефекты. Минусом капиллярного метода дефектоскопии являются очень высокая стоимость расходных материалов, высокая трудоемкость и длительность контроля (полный цикл может достигать 3 ч), ненадежное обнаружение дефектов, закрытых оксидной пленкой, и токсичность некоторых реактивов.

Используя более чем 10-летний опыт выполнения технической диагностики как магистрального подвижного состава, так и железнодорожного промышленного транспорта, мы

пришли к выводу, что для проведения неразрушающего контроля несущих конструкций локомотивов применение ультразвукового, вихретокового и феррозондового методов контроля ограничено вследствие сложности подготовки контролируемых поверхностей несущих конструкций подвижного состава, в результате чего эти методы дают много погрешностей и ложных срабатываний. Способы подготовки поверхностей являются длительными, затратными и не всегда реализуемыми (например, ограничение временных рамок на проведение диагностики в условиях отсутствия возможности подключения электроинструмента).

Капиллярный метод по стоимости расходных материалов является самым дорогим. Кроме того, применение капиллярного метода контроля требует повышенных мер безопасности, т. к. используемые материалы токсичны.

Таким образом, считаем, что наиболее рациональными методами неразрушающего контроля несущих конструкций подвижного состава в условиях депо на сегодняшний день будут одновременное поочередное применение визуального контроля для предварительной оценки состояния несущих конструкций и магнитного (с суспензией) метода неразрушающего контроля. Это обуславливается как удобством их использования, так и стоимостью расходных материалов при обследовании неровных поверхностей.

В данной статье не были рассмотрены стенды для проведения неразрушающего контроля цельных элементов несущих конструкций, т. к. локомотивные депо Украины ими пока не оборудованы.

Локомотив

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 18353-79 Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.
2. ДСТУ EN 13927:2005. Загальне на руском мові, Неразрушаючий контроль. Контроль візуальний. Обладнання (EN 13927:2003, ІДТ)
3. ДСТУ EN 583-1-2001 Неразрушаючий контроль. Ультразвуковий контроль. Частина 1. Общиє вимоги (EN 583-1: 1998, ІДТ).
4. ГОСТ 21104-75 Контроль неразрушающий. Феррозондовый метод.
5. ДСТУ EN 12084:2005 Неруйнівний контроль. Контроль вихреструмовий. Загальні вимоги й рекомендації (EN 12084:2001, ІДТ).
6. ГОСТ 21105-87 Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод.

УДК 629.42:620.179.1

Афанасов А. М., Письменный Е. О., Скогарев И. С., Кобозев А. Я., Гергель Н. О., Викторова К. О.

Подовження терміну служби несущих конструкций локомотивів: критерії вибору методу неруйнівного контролю

Із метою подовження терміну служби несущих конструкций локомотивів визначається їхній залишковий ресурс. Одним із аспектів роботи із визначення залишкового ресурсу несущих конструкций є проведення неруйнівного контролю. Існуючі методи неруйнівного контролю мають ряд особливостей при роботі в депо. У статті розглянуто застосування сьгодні методи неруйнівного контролю, їхні особливості, переваги й недоліки з позиції використання в умовах депо. Результати досліджень і практичної діяльності дозволяють визначити оптимальний варіант проведення неруйнівного контролю з урахуванням ефективності використання методу неруйнівного контролю та вартості витратних матеріалів.

УДК 629.42:620.179.1

А. Афанасов, Е. Письменный, И. Скогарев, А. Кобозев, Н. Гергель, К. Викторова

Extension service bearing structures locomotives: selection criteria and methods

In order to prolong the life of locomotives bearing structures determined residual life. One aspect of the work on the determination of residual life of bearing structures is to conduct nondestructive testing. Existing NDT methods have a number of features at work at the depot. The article describes the applicable date NDT methods, their characteristics, advantages and disadvantages from the point of use in the depot. Results of research and practical activities allow us to determine the best option NDT based on the performance of the method of nondestructive testing and the cost of consumables.

Матеріал получен 14.02.2014