

УДК 620.179.16

Д.С. МОКЕРОВ, аспирант кафедры «Машиноведения и информационных технологий», НГПУ имени К. Минина, e-mail: k.d.mokerovi@mail.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТОЯНИЯ ТОРМОЗНЫХ ДИСКОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ВРЕМЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН**

**D.S.Mokerov**

### **INVESTIGATION OF INFLUENCE OF THE STATE OF THE BRAKE DISCS OF COACHES AT THE TIME OF PROPAGATION OF SURFACE WAVES**

В статье исследуется влияние состояния материала тормозных дисков пассажирских вагонов железнодорожного транспорта на скорость распространения поверхностных волн Рэлея. На основе полученных экспериментальных данных делается вывод о том, что состояние материала можно оценивать по параметрам упругих волн.

**Ключевые слова:** тормозные диски, поверхностные волны, анизотропия.

The paper examines the impact of state of the material brake discs railway carriages on the velocity of Rayleigh waves. On the basis of experimental data it is concluded that the state of the material can be assessed on the parameters of elastic waves.

**Key words:** brake discs, surface waves, anisotropy.

#### **Введение**

Определение фактического технического состояния материала ответственных деталей подвижного состава железнодорожного транспорта – одна из самых насущных проблем, от решения которой напрямую зависит безопасность эксплуатации любого оборудования, технического устройства или конструкции [1, 2]. Одним из таких узлов конструкции железнодорожного подвижного состава, непосредственно влияющих на безопасность движения, требующих повышенного внимания, являются тормозные диски. Для обеспечения безопасной эксплуатации недопустимым является наличие трещин в тормозном диске [3]. Зарождению трещины предшествуют структурные изменения, связанные с внешним воздействием температуры, переменных нагрузок, сил трения. Это приводит к изменению физико-механических характеристик материала, принято такой процесс называть процессом накопления повреждений. Определение состояния, определение поврежденности материала перед зарождением трещин является актуальной задачей, так как это, с одной стороны, повышает безопасность эксплуатируемых тормозных дисков, а с другой стороны, можно принять соответствующие меры по устранению опасных дефектов.

На рисунке 1 показаны два диска: а) диск без повреждений (не эксплуатировался); б) диск, бывший в эксплуатации (диск с трещиной).



а)



б)

Рисунок 1 – Тормозной диск: а) без повреждений, б) с трещиной

При производстве тормозных дисков допускаются литейные, металлургические дефекты незначительных размеров. Согласно нормативно-технической документации («Инструкции по эксплуатации тормозов подвижного состава железных дорог» ЦТ-ЦВ-ЦЛ-ВНИИЖТ/277), эти дефекты под действием внешних эксплуатационных условий не должны развиваться, изменение структуры материала не должно достигать своего предельного состояния.

С момента начала эксплуатации объекта в конструкционном материале происходит накопление стабильных микроповреждений, которые, в конце концов, приводят к зарождению дефектов и разрушению материала. Процессы появления микроповреждений и их развитие в деградирующем при эксплуатации материале не подлежат контролю, хотя эти зарождающиеся дефекты имеют тенденцию к развитию и поэтому наиболее опасны. Зарождающиеся растущие дефекты приводят к внезапным повреждениям оборудования – основным причинам аварий и травматизма обслуживающего персонала. Опасность дефекта характеризуется не его размером, а скоростью накопления повреждений в области дефекта и соответствующим ресурсом.

Современная техническая наука обладает богатым арсеналом методов и средств измерения различных физико-механических характеристик материалов, в частности, на основе акустических эффектов [4,5].

Современный и экономически обоснованный подход к проблеме выявления реального технического состояния материала состоит в том, чтобы на базе современных технических средств создать технологии, позволяющие контролировать преддефектное состояние материала – состояние, когда в материале не существует еще развитых, не совместимых с эксплуатацией дефектов, но уже идет процесс зарождения и развитие дефектов. Такие технологии поиска и обнаружения преддефектного состояния материала могут быть построены на основе методов неразрушающего контроля [5]. При выборе метода контроля, при проведении работ по оценке реального ресурса на первый план выходят технологии, которые обеспечивают контроль текущего состояния оборудования на месте его установки, в процессе нормальной эксплуатации. Такому условию удовлетворяют неразрушающие методы контроля, заключающиеся в зондировании материала упругими волнами.

### **Экспериментальные исследования. Измерения поврежденности тормозного диска пассажирского вагона**

1. Для освидетельствования тормозных дисков вагонов скоростных пассажирских вагонов железнодорожного транспорта использовался измерительно-вычислительный комплекс ИВК «АСТРОН» [7, 8]. Прибором измерялось время прохождения (задержка) продольных и сдвиговых (поляризация вдоль и поперек образца) упругих волн и поверхностных волн Рэлея. Точность измерения временных параметров, не превышает значения  $10^{-9}$ с. Толщина образцов измерялась с точностью 0,01 мм. По результатам

измерений задержки и толщины образцов определялась скорость распространения упругих волн. Измерения проводились на частоте 5 МГц, что позволяло контролировать слой толщиной порядка 0,5-1 мм. Уменьшение частоты до 2 МГц увеличивает толщину контролируемого слоя до 1,5-2 мм. С увеличением частоты упругих волн диапазон изменения задержек упругих волн уменьшается, что соответствует уменьшению суммарной поврежденности контролируемого металла. Это связано с тем, что поврежденность в толще металла снижается.

Измерения акустических характеристик проводились не менее чем в 10 точках в пределах одного образца. Эти данные усреднялись, и определялось значение задержки для каждого из типов используемых упругих волн. Типичная осциллограмма при контроле тормозного диска представлена на рисунке 2. Результаты применения одной из них на металле тормозных дисков с различным техническим состоянием представлены ниже.

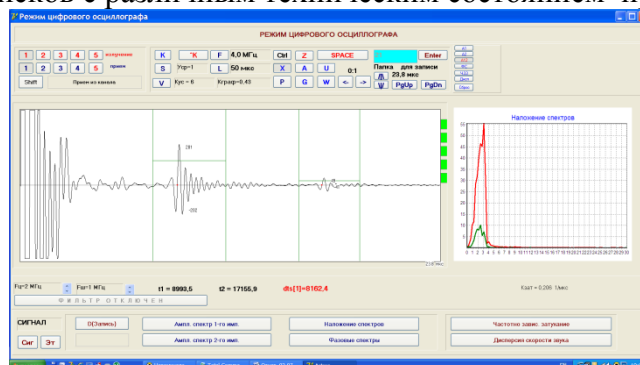


Рисунок 2 – Осциллограмма поверхностных волн Рэля на экране прибора

Измерения проводились в 5 точках по радиусу в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 3.

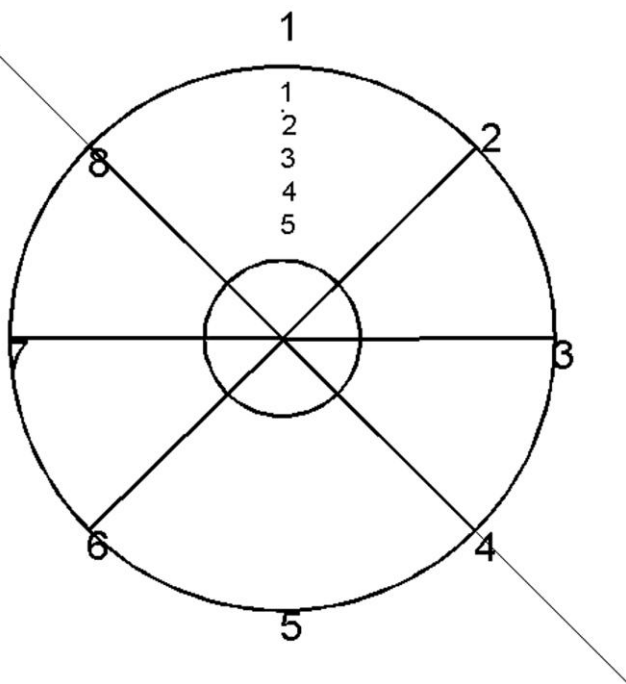


Рисунок 3 – Схема измерений тормозного диска

Измерения проводились на боковой стороне. Отсчет ведется от края. Всего контролировалось 8 направлений (через 45 градусов). Толщина диска 39 мм, ширина обода 140 мм. В указанных точках измерялась твердость, задержки продольных, сдвиговых и поверхностных волн. Твердость измерялась переносным динамическим твердомером ТДМ - 1.

Измерялось время распространения упругих импульсов фиксированного расстояния между излучающим и приемных преобразователем в материале тормозного диска.

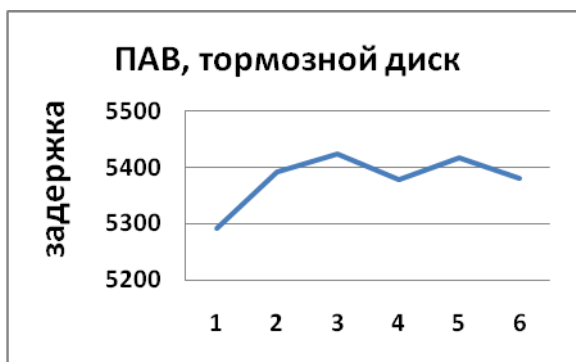
### Результаты экспериментальных исследований

Колесо 1. Результаты измерений представлены ниже. На рисунке 4 показано распределение твердости.

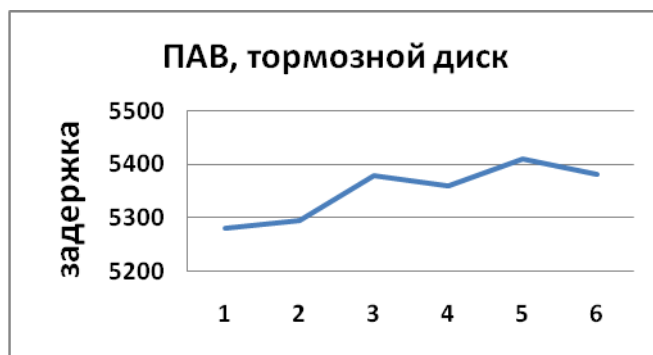


Рисунок 4 – Изменение твердости в тормозном диске с повреждениями

На рисунке 5а представлены результаты изменения задержки (времени распространения) поверхностных волн (частота 5 МГц) вдоль радиуса тормозного диска. На рисунке 5б представлены результаты изменения задержки (времени распространения) поверхностных волн по касательной (перпендикулярно радиусу) тормозного диска.



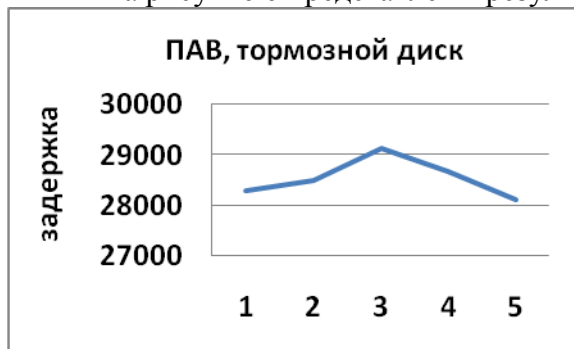
а



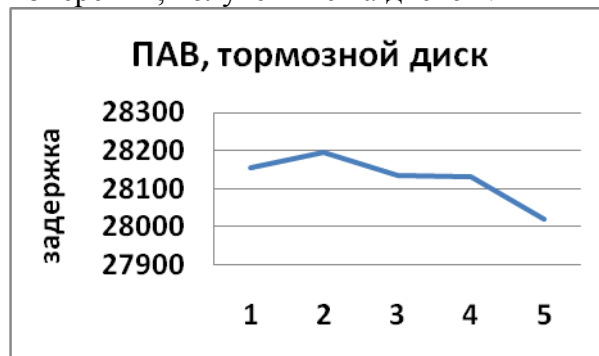
б

Рисунок 5 – Изменение задержки поверхностной волны в тормозном диске 1: а) вдоль радиуса, б) по касательной, частота 5 МГц

На рисунке 6 представлены результаты измерений, полученные на диске 2.



а



б

Рисунок 6 – Изменение задержки поверхностной волны в тормозном диске 2: а) вдоль радиуса, б) по касательной, частота 5 МГц

Характеристики упругих волн, распространяющихся вдоль и поперек тормозного диска, отличаются друг от друга. В качестве характеристики, позволяющей судить о различии свойств материала, может служить анизотропия [6, 9], определяемая следующим образом:

$$A = \frac{t_2}{t_1} - 1,$$

где  $t_1$  – задержка импульса поверхностной волны, распространяющейся по радиусу,  $t_2$  – задержка поверхностной волны, распространяющейся по касательной.

Параметр анизотропии так же, как и время распространения позволяют судить о характеристиках материала тормозных дисков. Соответствующие значения анизотропии показаны на рисунке 7.

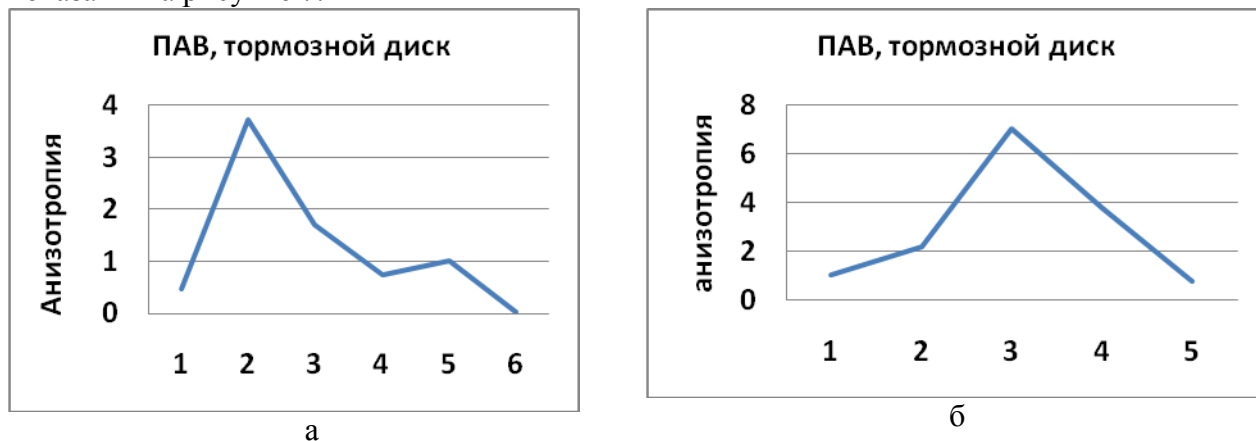


Рисунок 7 – Изменение анизотропии поверхностной волны в тормозном диске: а) диск 1, б) диск 2, частота 5 МГц

### Выводы

В результате проведенного исследования можно констатировать, что:

- 1) в металле длительно работающих тормозных дисков вагонов произошли существенные изменения механических свойств, в частности, об этом свидетельствует изменение твердости материала;
- 2) изменения микроструктуры, накопление структурной поврежденности, в процессе эксплуатации приводят к изменению акустических характеристик, в частности, к изменению времени распространения поверхностных волн;
- 3) полученные данные показывают, что по результатам акустических измерений можно разработать методику оценки состояния материала тормозных дисков скоростных пассажирских вагонов железнодорожного транспорта;
- 4) безопасность тормозных дисков может быть повышена за счет своевременной оценки состояния материала дисков.

### ЛИТЕРАТУРА

1. СТО РЖД 1.11.002-2008. Контроль неразрушающий. Элементы колесных пар вагонов. Технические требования к ультразвуковому контролю. – М.: МПС России, 2009. – 45с
2. ГОСТ 4835-80. Колесные пары для вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм. Технические условия.
3. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.
4. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.
5. Неразрушающий контроль: справочник: в 3 томах / под редакцией В.В.Клюева. – М.: Машиностроение, 2004. – Т.3. – 864 с.
6. Хлыбов, А.А. Акустический метод оценки технического состояния крюков из сплава ВТЗ-1 / А.А.Хлыбов // Деформация и разрушение материалов. – 2008. – № 8. – С. 31-36.

7. Хлыбов, А.А. Исследование накопления рассеянных микроповреждений в образцах из стали 08X18H10T при малоцикловой усталости / А.А.Хлыбов, С.Н.Пичков, А.Л.Углов // Контроль. Диагностика. – 2011. – № 4. – С. 55-61.

8. Khlybov, A.A. Acoustic method for monitoring the state of VVER vessels / A.A.Khlybov, V.G.Vasil'ev, A.L.Uglov // Atomic Energy. – 2009. – V.106. – №1. – P. 37-42.

© Мокеров Д.С., 2013