

**М.Ф.Евсюков**

## **УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС И БАНДАЖЕЙ. ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ И ДОСТИЖЕНИЯ.**

Целью настоящей работы явилось изучение этапов освоения ультразвукового метода оценки качества железнодорожных колес и бандажей в 1982 – 2006 гг. Установлено, что разработанные технологии УЗК контроля всех элементов колес и бандажей позволяют выполнять 100% контроль всего сортамента колес и бандажей, выпускаемых как для внутреннего потребителя, так и на экспорт в соответствии с национальными и зарубежными стандартами.

**железнодорожные колеса и бандажи, технологии, ультразвуковой контроль, этапы освоения, качество**

**Целью настоящей работы** явилось изучение этапов освоения ультразвукового метода оценки качества железнодорожных колес и бандажей в 1982 – 2006 гг.

**Современное состояние вопроса и методика исследований.** По техническому проекту Укркипромеза на Нижнеднепровском трубопрокатном заводе им. К. Либкнехта НПО «Днепрчерметавтоматика» и Институтом черной металлургии совместно с заводом разработаны и внедрены технология и оборудование для ультразвукового электромагнитно – акустического контроля эхо – методом качества обода цельнокатаных колес в потоке их производства. Было изготовлено и установлено две установки «Диск–2» в двух линиях приемки колес. Институт черной металлургии разработал нормативно – техническую документацию на контрольные образцы, изготовил и аттестовал их в установленном порядке. В процессе освоения исследовались забракованные колеса по нормативной документации завода. На стадии освоения установок, забракованные колеса разрезались по месту расположения дефектов в ободе, повторно подтвержденных ручным дефектоскопом. Изготовленные темплеты шлифовались и травились в горячем растворе соляной кислоты согласно ГОСТ 10243–75. Серные отпечатки изготавливались согласно требований международного стандарта ИСО 4968. Результаты внешнего осмотра показали, что основное количество всех выявленных дефектов (95–97%) макроструктуры является ликвация – дефект металлургического происхождения. (рис.1,а) и флокены (рис.1,б). Минимальный размер компактных дефектов типа шлаковых и неметаллических включений (рис.1, в), которые выявляются при контроле на установке в автоматическом режиме это дефекты диаметром 2,4 – 2,8 мм, что соответствует требованиям НД на контроль[1]. На основании результатов освоения установок Институтом черной металлургии совместно с Нижнеднепровским трубопрокатным заводом и НПО «Днепрчерметавтоматика» разработана методика М 14–15–001–87 ультразвукового контроля обода цельнокатаных железнодорожных колес в ав-

томатическом режиме в линии приемки колесопрокатного цеха. В процессе контроля на колесе в автоматическом режиме краской ставятся метки на ободе по месту выявленных дефектов. Кроме этого на ободе колеса после контроля всегда ставится метка факта контроля. Для окончательной разбраковки колес ИЧМ разработал методику ручного контроля М 14–15–001–97. Контроль проводится с помощью ультразвукового переносного дефектоскопа УД2–12. При этом, повторный контроль проводится по месту расположения ранее выявленных дефектов с оценкой амплитуды сигнала. При сигнале выше сигнала эталонного контрольного образца колеса бракуются.

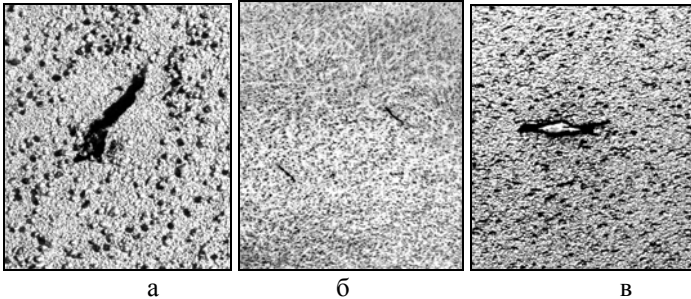


Рис.1. Внутренние дефекты в макроструктуре обода колеса: а – ликвация, б – флокены, в – шлаковые включения, х 2.

Методики, разработанные по ГОСТ 20415 – 82, согласованы с Всесоюзным научно – исследовательским институтом железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ) и Главным управлением вагонного хозяйства МПС. Методика ультразвукового контроля в автоматическом режиме аттестована головной организацией (ВНИИЖТ) по государственным испытаниям важнейших видов продукции металлургической промышленности, поставляемой железнодорожному транспорту. Методика предназначена для оценки качества термически упроченных цельнокатаных колес путем выявления внутренних дефектов эхо – и зеркально–теневым методами в виде нарушений сплошности, таких как флокены, газовые пузыри, ликвация, скопления шлаковых включений, расслоения, завернувшиеся и утонувшие корочки. В процессе контроля обода выявляются внутренние дефекты, которые равны или больше эквивалентного плоскодонного отражателя диаметром 3 мм (площадь  $(7,1 \text{ мм}^2)$ ). Анализ результатов эксплуатации установок УЗК, расположенных в линии приемки колес в колесопрокатном цехе в 1987–1988г., показал, что отбраковывается 0,2...0,5% колес и подтвердил надежность контроля обода колес. На основании полученного опыта эксплуатации Институтом черной металлургии были разработаны технология и методики УЗК колес М–14–15–001–88 и М–14–15–010–92 и внедрены соответственно на Нижнетагильском металлургическом комбинате и Выксунском металлургическом заводе. Экономиче-

ский эффект в народном хозяйстве от внедрения УЗК за счет приплат ( 6%) составил более 5 млн. руб. в год [ 2, 3 ]. Объем контроля – 100% цельнокатаных железнодорожных колес.

В связи с участвовавшими случаями аварийного выхода из строя бандажей, выпускаемых по ГОСТ 398, Минчермет СССР поручил в 1989 – 1990г. организовать на металлургических заводах ультразвуковой контроль бандажей. Для оценки качества черновых термически упрочненных железнодорожных бандажей, выпускаемых на Нижнеднепровском трубопрокатном заводе, НПО «Днепрчерметавтоматика» по техническому заданию Института черной металлургии разработала установку « Бандаж » для ультразвукового электромагнитно – акустического контроля эхо – методом качества черновых бандажей в линии приемки готовых бандажей бандажного цеха. В процессе освоения исследовались забракованные бандажи по нормативной документации завода.

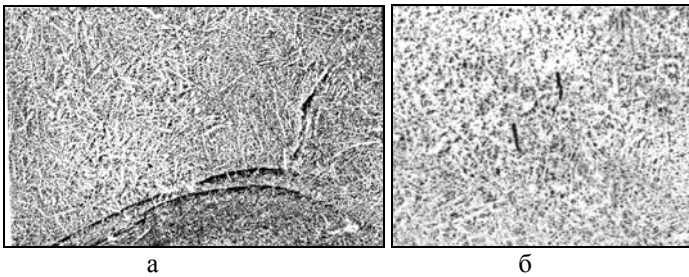


Рис. 2. Внутренние дефекты в макроструктуре бандажа: а – ликвация, б – шлаковые включения, х2.

**Изложение основных результатов исследования.** Результаты исследования дефектов на макротемплетах, показали, что основная масса внутренних дефектов, выявленных при контроле с рабочей частотой 2,5МГц, является ликвация в виде вытянутых полосок вдоль направления течения металла при горячей деформации (рис.2,а). Располагается этот вид дефекта, в основном, ближе к внутренней стенке бандажа. Вторым наиболее опасным дефектом, который не допускается в металле, это флокены (рис.2, б). Они чаще всего располагаются в центральной части поперечного сечения бандажа. При выявлении флокенов вся плавка бракуется.

Институтом черной металлургии совместно с Нижнеднепровским трубопрокатным заводом разработана технология и методика контроля как черновых, так и чистовых бандажей на экспорт, выпускаемых по ГОСТ 398–81, 3225–60, и ГОСТ 5000–83. Методика М–14–15–006–90 согласована во ВНИИЖТ и утверждена в ЦТ МПС. В процессе эксплуатации методика позволила в автоматическом режиме выявлять в бандажах нарушения сплошности, такие как флокены, газовые пузыри, ликвация, скопления шлаковых включений, расслоения и другие дефекты, эквива-

лентные площади искусственного отражателя, равного  $7\text{мм}^2$  в виде плоскостного отверстия диаметром 3,0 мм. Объем контроля – 100% выпускаемых локомотивных бандажей. Для окончательной разбраковки черновых железнодорожных бандажей согласно требований международных стандартов Институт черной металлургии разработал и внедрил на НДТЗ методику ручного контроля М–14–15–006–96. При подтверждении недопустимых внутренних дефектов таких как ликвация и шлаковые включения дефектные колеса забраковывались, а остальные представлялись инспекции «Укрзалізниці» как годные. В том случае, когда выявляются флокены, вся плавка бракуется. Бракуется вся плавка и в том случае, когда общий процент забракованных колес составляет 25% и более.

В 2003г. «Укрзалізниці» поручила Институту черной металлургии как головной организации по качеству металлопродукции для железнодорожного транспорта, разработать методики ручного ультразвукового контроля качества железнодорожных цельнокатаных колес и центров для локомотивов для холдинговой компании «Лугансктепловоз». В течение 2003г. Институтом черной металлургии были разработаны и утверждены в установленном порядке «Методики ручного ультразвукового контроля обода железнодорожных колес М–294—01–2003г. и катаных центров М–294–05–2003». После полного освоения технологии ультразвукового контроля железнодорожных колес Укрзалізниці в 2000г. поручила Институту черной металлургии освоить методику ультразвукового контроля качества колес для метрополитена в условиях Нижнеднепровского трубопрокатного завода с учетом требований РД 32.144 – 2000 на установках УЗК колес по методике М 14–15–001–94. Данная работа совместно с Нижнеднепровским трубопрокатным заводом выполнена в 2000г.

Расширение поставок на экспорт железнодорожных колес на уровне требований международных стандартов потребовало дальнейшего совершенствования оборудования и технологии оценки качества ультразвуковым методом всего сортамента колес как для внутреннего потребления для «Укрзалізниці», так и на экспорт. В связи с этим, в 2003г. Научно – производственной фирмой «Ультракон – Сервис» г.Киев изготовлена более современная установка с компьютерной обработкой результатов контроля обода и ступицы железнодорожных колес, выпускаемых по ГОСТ 10791 – 89. Технология и методика контроля МУ 27.1–4–018–2003 на основании результатов освоения установки «Унискан – Луч» и с учетом требований международных стандартов разработаны в 2003г. Институтом черной металлургии совместно с Нижнеднепровским трубопрокатным заводом и утверждены в «Укрзалізниці» и согласованы в Департаменте вагонного хозяйства России.

Методика предназначена для оценки качества цельнокатаных колес в автоматическом и ручном режимах путем выявления внутренних дефектов эхо – и зеркально–теневым методами в виде нарушений сплошности, таких как флокены, газовые пузыри, ликвация, скопления шлаковых

включений, расслоения, завернувшиеся и утонувшие корочки [4]. Контроль осуществляется ультразвуковым эхо – и зеркально–теневым методами с помощью автоматизированной установки «Унискан–Луч», расположенной в линии приемки колес колесопрокатного цеха ОАО НТЗ. Ультразвуковому контролю подвергаются обод и ступица цельнокатаных колес. Обод контролируется как с внутренней боковой поверхности, так и с поверхности катания. С целью уменьшения неконтролируемой зоны до 7 – 10 мм используются совмещенные пьезоэлектрические преобразователи. Ступица контролируется с внутренней боковой поверхности. Схема контроля соответствует ГОСТ 10791 и РД 32.144–2000. В процессе контроля обода выявляются внутренние дефекты, которые равны или больше эквивалентного эталонного плоскодонного отражателя диаметром 2 мм (площадь 3,14 мм<sup>2</sup>) или 3 мм (площадь 7,1мм<sup>2</sup>). В процессе контроля ступицы выявляются внутренние дефекты эквивалентные эталонному плоскодонному отражателю диаметром 3 мм и 5 мм. Чувствительность контроля соответствует РД 32.144–2000. Контролю подвергается 100% железнодорожных колес, выпускаемых по ГОСТ 10791, ГОСТ 9036. Кроме этого Институтом черной металлургии в 2003г для установки автоматического ультразвукового контроля колес фирмы Кбю Эй Менеджмент ( Канада), расположенной в колесопрокатном цехе, была разработана методика М У 27.1–4–019–2003.

Однако, разработанная и введенная в эксплуатацию установка в колесопрокатном цехе в линии приемки колес не позволяла осуществлять контроль качества наиболее ответственной части колеса — диска. В связи с этим, Научно – производственной фирмой «Ультракон – Сервис» г.Киев изготовлена более современная установка с компьютерной обработкой результатов контроля обода в двух направлениях, диска и ступицы железнодорожных колес «Унискан – Луч – М». Установка расположена в колесопрокатном цехе в линии приемки готовых колес НТЗ. На основании результатов освоения ультразвукового контроля колес текущего производства для «Укрзалізниці» Институтом черной металлургии в 2005г., совместно с отделом неразрушающего контроля НТЗ, с учетом требований инструкции ЦВ– 0052 разработана, утверждена в «Укрзалізниці» и внедрена методика ультразвукового контроля всего сортамента термически упроченных колес МУ 35.2–23365425–023:2005. При этом данная система контроля состоит из двух этапов: первый этап – это основной контроль 100% колес на установке в автоматическом режиме в линии приемки колес ОТК и инспекторского стенда «Укрзалізниці»; второй этап – это ручной контроль, предназначенный для окончательной разбраковки дефектных колес вне потока.

Методика предназначена для оценки качества цельнокатаных колес согласно ГОСТ 10791–2004 путем выявления внутренних дефектов в виде нарушений сплошности, таких как флокены, газовые пузыри, ликвация, скопления шлаковых включений, расслоения, завернувшиеся и утонувшие

корочки. Контроль осуществляется ультразвуковым эхо- и зеркально-теневым методами с помощью автоматизированной установки «Унискан-ЛуЧ-М», расположенной в линии приемки колес колесопрокатного цеха ОАО «НТЗ». Ультразвуковому контролю подвергаются обод и ступица цельнокатаного колеса. Обод контролируется как с внутренней боковой поверхности, так и с поверхности катания. Ступица контролируется с внутренней боковой поверхности. Схема контроля колеса соответствует ГОСТ 10791, ИСО 5948 и РД 32.144–2000. Контроль диска является дополнительной операцией и осуществляется по требованию заказчика. Диск контролируется с внутренней боковой поверхности колеса. В процессе контроля обода выявляются внутренние дефекты, которые равны или больше эквивалентного плоскодонного отражателя диаметром 2 мм (площадь 3,14 мм<sup>2</sup>) или 3 мм (площадь (7,1 мм<sup>2</sup>). В процессе контроля диска и ступицы выявляются внутренние дефекты эквивалентные эталонному плоскодонному отражателю диаметром 3 мм и 5 мм. Чувствительность контроля соответствует РД 32.144–2000. Методика утверждена в «Укрзалізниці» и согласована с Россией, что позволило расширить объем поставок колес на экспорт.

**Выводы.** Описаны этапы освоения ультразвукового метода оценки качества железнодорожных колес и бандажей в 1982 – 2006гг. Разработанные автоматизированные установки и технологии контроля качества по выявлению в термически упроченных цельнокатаных железнодорожных колесах и бандажах внутренних дефектов металлургического, прокатного и термического происхождения соответствуют требованиям отечественных и международных стандартов и повышают надежность в эксплуатации железнодорожных вагонов и вагонов метро при современных нагрузках и скоростях движения поездов. Разработанные технологии УЗК контроля всех элементов колес и бандажей позволяют выполнять 100% контроль всего сортамента колес и бандажей, выпускаемых как для внутреннего потребителя, так и на экспорт в соответствии с ГОСТ 10791–94, ГОСТ 398–96, РД 32.144–2000, национальных стандартов зарубежных стран и международного стандарта ИСО 5948.

1. *Ультразвуковой контроль внутренних дефектов железнодорожных колес.* / И.В.Ефимов, Б.Ф.Антипов, Г.П.Барина и др. // Вестник ВНИИЖТ. – 1982. – № 5. – С.45–46.
2. *Контроль качества макроструктуры железнодорожных колес.* / М.Ф.Евсюков, М.И.Староселецкий, А.П.Шувалов и др. // Металлург. – № 5. – 1990. – С.31–32.
3. *Дефектоскопия железнодорожных колес ЭМА-методом.* / М.Ф.Евсюков, М.И.Староселецкий, Л.И.Бондаренко, В.Н.Шелудько // В сб. «Технология производства железнодорожных рельсов и колес». – Харьков. – 1990. – С.78.

4. *Ультразвуковой контроль качества цельнокатаных железнодорожных колес.* / М.Ф.Евсюков, М.И.Староселецкий, В.Т.Пахомов и др. // Сталь. – 1992 – № 3. – С.67.– 69.
5. *ГОСТ 10791 – 2004.* Колеса цельнокатаные. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 28с
6. *ГОСТ 398 – 96.* Бандажи из углеродистой стали для подвижного состава железных дорог широкой колеи и метрополитена. Технические условия
7. *ГОСТ 10243–75.* Сталь. Методы испытаний и оценки макроструктуры.
8. *ИСО 4968.* Макрографическое исследование с помощью серного отпечатка.
9. *ИСО 5948–1994* Материалы для железнодорожного подвижного состава. Ультразвуковые приемочные испытания. Вторая редакция 1994–06–15.
10. *РД 32.144–2000.* Контроль неразрушающий приемочный. Колеса цельнокатаные, бандажи и оси колесных пар подвижного состава. Технические требования.
11. *ЦВ–0052.* Инструкция по неразрушающему контролю деталей и узлов вагонов. – Киев. Министерство транспорта Украины, 2003. – 206с.

*Статья рекомендована к печати:  
ответственный редактор  
раздела «Термомеханическая обработка проката»  
докт.техн.наук, проф. И.Г.Узлов*

#### **М.Ф.Євсюков**

#### **Ультразвуковий контроль якості залізничних коліс і бандажів. Етапи розвитку і досягнення.**

Метою роботи є вивчення етапів освоєння ультразвукового методу оцінювання якості (УЗК) залізничних коліс і бандажів у 1982 – 2006 рр. Встановлено, що розроблені технології УЗК дають змогу виконувати 100% контроль елементів коліс і бандажів всього сортаменту відповідно до вимог національних і зарубіжних стандартів.