Комплексный метод оценки результатов ультразвукового контроля деталей и узлов подвижного состава при настройке чувствительности по разным отражателям

А. Н. КИРЕЕВ, В. В. БЫКАДОРОВ, М. А. КИРЕЕВА

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Луганский национальный университет имени Владимира Даля» (ГОУ ВПО «ЛНУ им. В. Даля»), Луганск, 91034, Украина

Аннотация. Новый метод предназначен для выявления несплошностей и их оценки по диаграммам амплитуда — расстояние — диаметр безэталонным способом с возможностью определения типа несплошности двухчастотным методом дефектометрии при ручном ультразвуковом контроле одинаковым ультразвуковым дефектоскопом.

Разработанный метод наиболее актуален при контроле литых деталей подвижного состава железных дорог, так как в отливках равновероятно могут встречаться как объемные (поры, раковины, неметаллические включения и др.), так и плоскостные несплошности (трещины различного происхождения; флокены; ликвации, приводящие к нарушению сплошности и др.). Удобство работы оператора-диагноста обеспечивается с помощью авторского программного продукта NDTRT-25.

Ключевые слова: железная дорога; подвижной состав; диагностика; акустический контроль; ультразвуковой контроль; эхо-импульсный метод; дефектометрия; двухчастотный метод

Введение. Эксплуатация подвижного состава железных дорог сопровождается высокими затратами на поддержание его работоспособного состояния в течение всего срока службы. Сохранение работоспособности подвижного состава обеспечивается выполнением планово-предупредительных работ по его техническому обслуживанию и текущему ремонту, а также внеплановых ремонтов, проводимых для устранения возникающих в межремонтные периоды отказов и неисправностей.

Для повышения эффективности использования подвижного состава разработаны методы и средства диагностирования, которые применяют как при его изготовлении и проведении технического обслуживания и ремонтов, так и в качестве самостоятельного технологического процесса, что позволяет повысить коэффициент готовности и вероятность безотказной работы подвижного состава, снизить трудоемкость и стоимость периодического обслуживания его узлов [1, 2, 3].

В состав методов тестового диагностирования подвижного состава железных дорог входят методы неразрушающего контроля [4].

Методы неразрушающего контроля позволяют проводить оценку технического состояния определенной детали или узла подвижного состава без нарушения их работоспособности. При помощи этих методов можно определять геометрические параметры объекта, структуру и физико-механические свойства его материала, а также осуществлять контроль деталей и узлов подвижного состава на наличие дефектов металла типа нарушений сплошности (несплошностей).

Для выявления внутренних недопустимых несплошностей преимущественно применяются акустические методы неразрушающего контроля [5, 6, 7], среди которых наибольшее распространение получил ультразвуковой эхо-импульсный метод.

Достоинствами эхо-импульсного метода являются:

- наибольшая чувствительность и помехоустойчивость по сравнению с другими методами акустического неразрушающего контроля;
- хорошая разрешающая способность;
- возможность контроля при одностороннем доступе к объекту;
- небольшие размеры и мобильность аппаратуры.

Постановка задачи. Оценка формы и размеров несплошностей, обнаруженных в процессе ультразвукового контроля в деталях и узлах подвижного состава, осуществляется путем сравнения амплитуды эхо-сигнала от выявленной несплошности с амплитудой эхо-сигнала от настроенного отражателя. Для настройки дефектоскопа применяются различные типы искусственных отражателей, имитирующих реальные несплошности. Однако их применение имеет свои недостатки [8]. В работах [8, 9] предложены методы безэталонной оценки несплошностей при ультразвуковом контроле деталей и узлов подвижного состава железных дорог.

Искусственным отражателем, имитирующим плоскостную несплошность (трещины, флокены, ликвации, приводящие к нарушению сплошности и др.), является отверстие с плоским дном, ориентированным перпендикулярно оси цилиндра (плоскодонный

цилиндрический отражатель) (рис. 1, а). Искусственным отражателем, имитирующим объемную несплошность (пора, раковина, неметаллическое включение и др.), является отверстие с полусферическим дном (сферический отражатель) (рис. 1, б).

При проведении ультразвукового контроля настройка чувствительности проводится по одному из типов настроечных отражателей. Однако в некоторых деталях и узлах подвижного состава могут встречаться как плоскостные, так и объемные несплошности, особенно это относится к литым деталям (дисковые колесные центры для тепловозов, спицевые колесные центры для электровозов и электропоездов, кронштейны тележек магистральных тепловозов и др.). На рис. 2. представлен литой спицевый колесный центр электровоза, отмечены типичные места, в которых выявляются внутренние несплошности производственно-технологического происхождения. Объемные и плоскостные несплошности оказывают разное воздействие на конструкционную прочность материала. Объемные несплошности сокращают площадь поперечного сечения изделия, тем самым уменьшая механические свойства материала. Плоскостные несплошности существенно влияют на конструкционную прочность материала за счет увеличения концентрации напряжений на краях плоскостного дефекта, и это влияние намного больше, чем влияние объемных дефектов.

Поэтому в случаях, когда в объекте контроля могут встречаться как объемные, так и плоскостные несплошности, целесообразно настраивать чувствительность ультразвукового контроля по двум типам отражателей: по плоскодонному цилиндрическому отражателю (ПЦО) и сферическому отражателю (СО).

Задача данной работы заключается в предложении комплексного метода оценки несплошностей при ультразвуковом контроле деталей и узлов подвижного состава железных дорог при настройке чувствительности по ПЦО и СО.

Основное содержание исследований. Отражение ультразвукового сигнала от ПЦО описывается выражением [9, 10]:

$$N_{\text{пцо}} = 20 \lg \left(\frac{S_a S_b}{\lambda^2 x^2} \left(\frac{2\lambda x_d 10^{\frac{N_d}{20}}}{S_a} \right)^{\frac{x}{x_d}} \right), \quad (1)$$

где S_a — площадь пьезоэлектрического элемента преобразователя, мм²; S_b — площадь ПЦО, мм²; λ — длина ультразвуковой волны, мм; x — расстояние от поверхности ввода ультразвуковой волны до ПЦО, мм; x_d — расстояние от поверхности ввода ультразвуковой волны до донной поверхности, мм; N_d — относительная амплитуда донного сигнала, дБ.

Рис. 1. Эталонные отражатели:
а — плоскодонный цилиндрический отражатель;
б — сферический отражатель

Fig. 1. Reference reflectors:
а — flat-bottomed cylindrical reflector;
б — spherical reflector

Рис. 2. Литой спицевый колесный центр электровоза:
1 — места выявления внутренней несплошности на ободе;
2 — места выявления внутренней несплошности на ступичной части

Fig. 2. Cast spoke wheel center of the electric locomotive:
1 — places to identify internal discontinuity on the rim;
2 — places to identify internal discontinuity in the center part of wheel

Отражение от СО описывается выражением [8, 9]:

$$N_{\text{со}} = 20 \lg \left(\frac{S_a d_{\text{со}}}{4\lambda x^2 \left(1 + \frac{d_{\text{со}}}{2x} \right)} \left(\frac{2\lambda x_d 10^{\frac{N_d}{20}}}{S_a} \right)^{\frac{x}{x_d}} \right), \quad (2)$$

где $d_{\text{со}}$ — диаметр СО, мм.

Сущность предлагаемого метода заключается в следующем.

При обнаружении в объекте контроля эхо-сигнала от несплошности измеряются следующие характеристики: амплитуда донного сигнала на бездефектном участке объекта контроля, амплитуда эхо-сигнала от несплошности, расстояние от поверхности ввода ультразвуковой волны до несплошности.

Если значение амплитуды эхо-сигнала от несплошности больше значений амплитуд эхосигналов как от ПЦО, так и от СО, то несплош-

Идентификация функций и переменных в алгоритме
Identification of functions and variables in the algorithm

№ п/п	Наименование переменной	Обозначение в алгоритме	Размерность
1	Диаметр пьезоэлектрического элемента преобразователя с частотой 2,5 МГц	$d_{\text{пэп}2,5}$	мм
2	Диаметр пьезоэлектрического элемента преобразователя с частотой 5,0 МГц	$d_{\text{пэп}5,0}$	мм
3	Площадь пьезоэлектрического элемента преобразователя с частотой 2,5 МГц	$S_{a2,5}$	мм ²
4	Площадь пьезоэлектрического элемента преобразователя с частотой 5,0 МГц	$S_{a5,0}$	мм ²
5	Скорость продольной ультразвуковой волны	c	мм/с
6	Расстояние от поверхности ввода ультразвуковой волны до донной поверхности	x_d	мм
7	Расстояние от поверхности ввода ультразвуковой волны до несплошности	x	мм
8	Амплитуда эхо-сигнала от несплошности на частоте ультразвуковой волны 2,5 МГц	$N_{2,5}$	дБ
9	Амплитуда эхо-сигнала от несплошности на частоте ультразвуковой волны 5,0 МГц	$N_{5,0}$	дБ
10	Амплитуда донного сигнала на частоте ультразвуковой волны 2,5 МГц	$N_{д2,5}$	дБ
11	Амплитуда донного сигнала на частоте ультразвуковой волны 5,0 МГц	$N_{д5,0}$	дБ
12	Диаметр ПЦО	$d_{\text{пцо}}$	мм
13	Диаметр СО	$d_{\text{со}}$	мм
14	Площадь ПЦО	S_b	мм ²
15	Амплитуда эхо-сигнала от ПЦО	$N_{\text{пцо}}$	дБ
16	Амплитуда эхо-сигнала от СО	$N_{\text{со}}$	дБ
17	Частота ультразвуковой волны 2,5 МГц	$f_{2,5}$	Гц
18	Частота ультразвуковой волны 5,0 МГц	$f_{5,0}$	Гц
19	Длина ультразвуковой волны на частоте 2,5 МГц	$\lambda_{2,5}$	мм
20	Длина ультразвуковой волны на частоте 5,0 МГц	$\lambda_{5,0}$	мм
21	Коэффициент формы несплошности	v	—
22	Граничное значение абсолютно плоскостной несплошности	ГПН	—
23	Граничное значение абсолютно объемной несплошности	ГОН	—
24	50% интервал граничных значений	Δ	—

ность классифицируется как дефект. Если значение амплитуды эхо-сигнала от несплошности меньше или равна значениям амплитуд эхо-сигналов как от ПЦО, так и от СО, то несплошность классифицируется как допустимая.

Однако может возникнуть нестандартная ситуация, когда величина амплитуды эхо-сигнала от обнаруженной несплошности будет находиться между значениями амплитуд эхо-сигналов от ПЦО и СО. В данном случае необходимо знать, какой тип несплошности обнаружен. В работе [9] нами предложен двухчастотный метод дефектотометрии, позволяющий определить тип обнаруженной несплошности (объемная или плоскостная) при ручном ультразвуковом контроле эхо-импульсным методом. Метод основан на измерении амплитуд эхо-сигналов от обнаруженной несплошности на частотах ультразвуковой волны 2,5 и 5,0 МГц, расчете коэффициента формы несплошности (3) и сравнении его с граничными значениями для идеальной плоскостной (4) и идеальной объемной несплошностей (5).

$$v = N_{2,5} - N_{5,0} + N_{д5,0} - N_{д2,5}, \quad (3)$$

где $N_{2,5}$, $N_{5,0}$ — относительные амплитуды эхо-сигналов от несплошности на частотах ультразвуковой волны 2,5 и 5,0 МГц соответственно, дБ; $N_{д2,5}$, $N_{д5,0}$ — относительные амплитуды донных сигналов на частотах ультразвуковой волны 2,5 и 5,0 МГц соответственно, дБ.

$$\text{ГПН} = 20 \lg \left(\frac{\lambda_{5,0}^2 S_{a2,5}}{\lambda_{2,5}^2 S_{a5,0}} \left(\frac{\lambda_{2,5} S_{a5,0}}{\lambda_{5,0} S_{a2,5}} \right)^{\frac{x}{x_d}} \right), \quad (4)$$

где $\lambda_{2,5}$, $\lambda_{5,0}$ — длина ультразвуковой волны на частоте 2,5 и 5,0 МГц соответственно, мм; $S_{a2,5}$, $S_{a5,0}$ — площадь пьезоэлектрического преобразователя с частотой 2,5 и 5,0 МГц соответственно, мм².

$$\text{ГОН} = 20 \lg \left(\frac{\lambda_{5,0} S_{a2,5}}{\lambda_{2,5} S_{a5,0}} \left(\frac{\lambda_{2,5} S_{a5,0}}{\lambda_{5,0} S_{a2,5}} \right)^{\frac{x}{x_d}} \right). \quad (5)$$

Следовательно, когда величина амплитуды эхо-сигнала от обнаруженной несплошности находится

а)

б)

Рис. 4. Окна программного продукта NDTRT-25:
 а — «Определение допустимости несплошности при эталонировании по плоскодонному цилиндрическому отражателю и полусферическому отражателю» («Оценка несплошности»);
 б — «Двухчастотный метод дефектометрии» («Двухчастотный метод»)
 Fig. 4. Windows of the NDTRT-25 software:
 а — “Determining the admissibility of discontinuity when calibrating for flat-bottomed cylindrical reflector and hemispherical reflector” (“Evaluation of discontinuity”); б — “Two-frequency method of flaw detection” (“Two-frequency method”)

между значениями амплитуд от ПЦО и СО, дополнительно измеряются амплитуда эхо-сигнала от несплошности и амплитуда донного эхо-сигнала на частоте 5,0 МГц и с помощью двухчастотного метода определяется тип несплошности.

Далее, зная, какой тип несплошности обнаружен, производится сравнение величины амплитуды эхо-сигнала от обнаруженной несплошности на частоте 2,5 МГц с соответствующим значением амплитуды эхо-сигнала (если несплошность плоскостная — с ПЦО, если объемная — с СО).

В случае превышения значения амплитуды от настроечного отражателя несплошность классифицируется как дефект, в противном случае — как допустимая.

Для автоматизации расчетов параметров диаграммы амплитуда — расстояние — диаметр (АРД), параметров применения двухчастотного метода, а также оценки обнаруженных несплошностей разработан алгоритм (рис. 3) и на его основе программный продукт NDTRT-25. Идентификация переменных в разработанном алгоритме представлена в таблице. Окна программного продукта NDTRT-25 продемонстрированы на рис. 4.

Работа с программным продуктом NDTRT-25 осуществляется следующим образом:

1. В окне «Оценка несплошности» вводятся значения следующих переменных: $d_{\text{ПЗП}, 2,5}$, c , x_d , $N_{\text{д}, 2,5}$, $d_{\text{ПЦО}}$, $d_{\text{СО}}$, x , $N_{2,5}$.

2. В этом окне выводится АРД-диаграмма в графическом виде с обозначением значения амплитуды эхо-сигнала от несплошности на ней, значение амплитуд от ПЦО и СО и один из следующих результатов оценки несплошности:

- если $N_{д2,5} > N_{пцо}$ и $N_{д2,5} > N_{со}$, то результат оценки: «Несплошность классифицируется как дефект»;

- если $N_{д2,5} \leq N_{пцо}$ и $N_{д2,5} \leq N_{со}$, то результат оценки: «Несплошность допустимая»;

- в любом другом случае выдается сообщение: «Определение типа несплошности двухчастотным методом».

3. Если в результате оценки выдается сообщение: «Определение типа несплошности двухчастотным методом», то осуществляется переход к окну «Двухчастотный метод».

4. В окне «Двухчастотный метод» вводятся значения следующих переменных: $d_{пэп5,0}$, $N_{д5,0}$, $N_{5,0}$.

5. В этом окне выводятся граничные значения плоскостной и объемной несплошностей, результат определения типа несплошности и результат оценки допустимости несплошности (см. рис. 4, б).

Заключение. В работе предложен комплексный метод оценки несплошностей при ультразвуковом контроле деталей и узлов подвижного состава железных дорог при настройке чувствительности по двум типам настроечных отражателей: ПЦО и СО. Данный метод целесообразно применять при контроле литых деталей и узлов подвижного состава, так как в них в равной степени могут встречаться как плоскостные дефекты, так и объемные. Его комплексность заключается в использовании двух методов: метода безэталонной оценки несплошностей и двухчастотного метода дефектometрии. Для автоматизации расчетов параметров АРД-диаграммы, параметров применения двухчастотного метода, а также оценки обнаруженных несплошностей разработан программный продукт NDTRT-25.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бервинов В.И., Доронин Е.Ю., Зенин И.П. Техническое диагностирование и неразрушающий контроль деталей и узлов локомотивов: учеб. пособие. М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. 332 с.
2. Криворудченко В.Ф., Ахмеджанов Р.А. Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта: учеб. пособие. М.: Маршрут, 2005. 434 с.
3. Методы оценки технического состояния, эксплуатационной экономичности и экологической безопасности дизельных локомотивов: монография / под ред. А.И. Володина. М.: Желдориздат, 2007. 264 с.
4. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник. Изд. 2-е испр. и доп. / под ред. В.В. Клюева. М.: Машиностроение, 2003. 656 с.
5. Алешин Н.П., Белый В.Е. Методы акустического контроля металлов. М.: Машиностроение, 1989. 456 с.
6. Ермолов И.Н., Алешин Н.П., Потапов А.И. Неразрушающий контроль. Кн. 2. Акустические методы контроля. М.: Высш. шк., 1991. 283 с.
7. Капранов Б.И., Коротков М.М. Акустические методы контроля и диагностики: учеб. пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2008. Ч. 1. 186 с.
8. Киреев А.Н., Витренко В.А. Совершенствование ультразвукового контроля осей колесных пар подвижного состава железных дорог // Вестник ВНИИЖТ. 2016. Т. 75. № 2. С. 116–122. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-2-116-122>.
9. Киреев А.Н. Дефектometрия при ультразвуковом диагностировании элементов и систем подвижного состава железных дорог: монография. Луганск: Ноулидж, 2016. 147 с.
10. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля. М.: Машиностроение, 1981. 240 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

КИРЕЕВ Андрей Николаевич,
канд. техн. наук, доцент, ГОУ ВПО «ЛНУ им. В. Даля»

БЫКАДОРОВ Вадим Викторович,
канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой железнодорожного транспорта, ГОУ ВПО «ЛНУ им. В. Даля»

КИРЕЕВА Маргарита Анатольевна,
ассистент, ГОУ ВПО «ЛНУ им. В. Даля»

Статья поступила в редакцию 18.12.2018 г., актуализирована 12.03.2019 г., принята к публикации 20.03.2019 г.

Comprehensive method for evaluating results of ultrasonic testing of parts and components of rolling stock when adjusting the sensitivity for different reflectors

A. N. KIREEV, V. V. BYKADOROV, M. A. KIREEVA

State Educational Institution of Higher Professional Education "Lugansk National University n.a. Vladimir Dal'" (SEI HPE "LNU n.a. V. Dal'"), Lugansk, 91034, Ukraine

Abstract. Operation of railway rolling stock is accompanied by high costs of maintaining its operating condition throughout the entire period of operation. To improve the operation efficiency of rolling stock, methods and diagnostics tools have been developed, which are used both in its manufacture and in carrying out maintenance and repairs, and as an independent technological process. Diagnostics allows to increase the availability factor and the probability of uptime of the rolling stock, reduce the complexity and cost of periodic maintenance of its nodes. The article proposes a

new integrated method for estimating discontinuities in parts and units of railway rolling stock according to the amplitude—distance — diameter diagrams by the standardless method with the possibility of determining the type of discontinuity by the dual-frequency method of flaw-detection with a manual ultrasonic testing with a single-channel ultrasonic flaw detector. Developed method is most relevant in the control of cast parts of railway rolling stock, since castings can be equally likely to contain bulk (pores, shells, nonmetallic inclusions, etc.) and planar discontinuities (cracks of

different origin; flocks; segregations that lead to violation continuity, etc.). Proposed method allows estimating the discontinuity by comparing the amplitude of the echo signal from it with the corresponding type of tuning reflector: if the discontinuity is planar as a result of using the two-frequency flaw-detection method, the comparison is carried out with the amplitude of the flat-bottomed cylindrical reflector; if the discontinuity is volumetric, then the comparison is made with the amplitude from the spherical reflector. The article describes the algorithm that was developed to automate the calculation of the parameters of the amplitude—distance—diameter diagram, the parameters of the use of the two-frequency method, and also the estimation of the detected discontinuities, and, based on it, the NDT-25 software that allows ensuring the convenience of the operator-diagnostics.

Keywords: railway; rolling stock; diagnostics; acoustic control; ultrasound testing; pulse echo method; flaw detection; dual frequency method

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-2-122-128>

REFERENCES

1. Bervinov V.I., Doronin E. Yu., Zenin I.P. *Tekhnicheskoe diagnostirovanie i nerazrushayushchiy kontrol' detaley i uzlov lokomotivov. Ucheb. posobie* [Technical diagnostics and non-destructive testing of parts and components of locomotives. Reference book]. Moscow, GOU "Uchebno-metodicheskiy tsentr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte" [GOU "Educational and Methodical Center for Education in Railway Transport"] Publ., 2008, 332 p.
2. Krivorudchenko V.F., Akhmedzhanov R.A. *Sovremennyye metody tekhnicheskoy diagnostiki i nerazrushayushchego kontrolya detaley i uzlov podvizhnogo sostava zheleznodorozhnogo transporta. Ucheb. posobie* [Modern methods of technical diagnostics and non-destructive testing of parts and components of railway rolling stock. Reference book]. Moscow, Marshrut Publ., 2005, 434 p.
3. Volodin A.I. *Metody otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya, ekspluatatsionnoy ekonomichnosti i ekologicheskoy bezopasnosti dizel'nykh lokomotivov. Monografiya* [Methods for assessing the technical condition, operational efficiency and environmental safety of diesel locomotives. Monograph]. Moscow, Zheldorizdat Publ., 2007, 264 p.

■ E-mail: lifter_23@mail.ru (A. N. Kireev)

4. Klyuev V.V. *Nerazrushayushchiy kontrol' i diagnostika. Spravochnik. Izd. 2-e ispr. i dop.* [Non-destructive testing and diagnosis. A handbook. 2nd edition revised and updated]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2003, 656 p.

5. Aleshin N.P., Belyy V.E. *Metody akusticheskogo kontrolya metallov* [Acoustic control methods for metals]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1989, 456 p.

6. Ermolov I.N., Aleshin N.P., Potapov A.I. *Nerazrushayushchiy kontrol'. Kn. 2. Akusticheskie metody kontrolya* [Non-destructive testing. Book 2. Acoustic control methods]. Moscow, Higher school Publ., 1991, 283 p.

7. Kapranov B.I., Korotkov M.M. *Akusticheskie metody kontrolya i diagnostiki. Ucheb. posobie* [Acoustic methods of monitoring and diagnostics. Reference book]. Tomsk, TPU Publ., 2008, Ch. 1, 186 p.

8. Kireev A.N., Vitrenko V.A. *Sovershenstvovanie ul'trazvukovogo kontrolya osey kolesnykh par podvizhnogo sostava zheleznykh dorog* [Improvement of ultrasonic control of axles of wheelsets of railway rolling stock]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2016, Vol. 75, no. 2, pp. 116–122. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-2-116-122>.

9. Kireev A.N. *Defektometriya pri ul'trazvukovom diagnostirovanii elementov i sistem podvizhnogo sostava zheleznykh dorog. Monografiya* [Defectometry with ultrasound diagnostics of elements and systems of rolling stock of railways. Monograph]. Lugansk, Knowledge Publ., 2016, 147 p.

10. Ermolov I.N. *Teoriya i praktika ul'trazvukovogo kontrolya* [Theory and practice of ultrasonic testing]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1981, 240 p.

ABOUT THE AUTHORS

Andrey N. KIREEV,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, SEI HPE "LNU n.a. V. Dal'"

Vadim V. BYKADOROV,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Head of the Department of railway transport, SEI HPE "LNU n.a. V. Dal'"

Margarita A. KIREEVA,

Assistant, SEI HPE "LNU n.a. V. Dal'"

Received 18.12.2018

Revised 12.03.2019

Accepted 20.03.2019

ВЫШЛИ В СВЕТ ТРУДЫ ВНИИЖТ

Вакуумно-левитационные транспортные системы: научная основа, технологии и перспективы для железнодорожного транспорта: коллективная монография членов и научных партнеров Объединенного ученого совета ОАО «РЖД» / под ред. Б. М. Лапидуса и С. Б. Нестерова. М.: РАС, 2017. 192 с.

В коллективной монографии членов и научных партнеров Объединенного ученого совета ОАО «РЖД», объединяющего ведущих представителей отраслевой и фундаментальной российской науки, отражены результаты фундаментальных научных исследований в области магнито-левитационных и вакуумно-левитационных технологий, выполненных по инициативе Объединенного ученого совета при непосредственном участии членов Совета и сотрудничающих с Советом ученых и научных коллективов.

В контексте общемировых тенденций развития транспортных систем в монографии описаны научные решения в области вакуумной левитации, раскрыты проблемы обеспечения безопасности инновационных транспортных систем на основе учета рисков при их разра-

ботке и эксплуатации, описана методология оценки эффективности вакуумно-левитационных транспортных систем, раскрыты региональные аспекты развития транспортных систем в Российской Федерации, что имеет большое значение для принятия решений в будущем о реализации конкретных транспортных проектов, основанных на использовании вакуумно-левитационных технологий в нашей стране.

Монография предназначена для руководителей и сотрудников ОАО «РЖД» и соответствующих отделений РАН, руководителей и сотрудников научно-исследовательских, конструкторских, технологических организаций, преподавателей, докторантов, аспирантов и студентов университетов путей сообщения и других высших учебных заведений.

По вопросам приобретения книги обращаться по адресу: 129626, г. Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10, редакционно-издательский отдел АО «ВНИИЖТ».

Тел.: (499) 260-43-20, e-mail: rio@vniizht.ru, www.vniizht.ru.