

УДК 621.311: 624.014

**Тюрин И.А., Ступицкий В.П., Лобанов О.В.**

*Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск*

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОПОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОНТАКТНОЙ СЕТИ**

**Аннотация.** При организации движения поездов важным фактором является определения технического состояния каждого объекта инфраструктуры. Своевременное определение неисправного состояния устройств и оборудования позволяют увеличить надежность и безопасность движения поездов. В связи с этим, на железной дороге большое внимание уделяют диагностике состояния устройств во время эксплуатации.

В современной практике есть множество различных методов и средств диагностики. Часть активно применяется на железнодорожном транспорте. Другие только разрабатываются и испытываются для совершенствования качества контроля технического состояния. В частности, это касается устройств контактной сети, так как они являются одной из важнейших составляющих процесса движения поездов.

В данной статье рассматривается анализ методов контроля опорных конструкций контактной сети. Происходит сравнение достоинств и недостатков каждого метода.

**Ключевые слова:** эксплуатационный контроль, опоры, метод ультразвукового контроля, виброакустический контроль, неразрушающий контроль, рентгеновские и гамма-лучи.

**Tyurin I.A., Stupitsky V.P., Lobanov O.V.**

*Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation*

## **ANALYSIS OF THE OPERATIONAL CONTROL METHODS OF THE SUPPORT STRUCTURES OF THE CONTACT NETWORK**

**Annotation.** When organizing train traffic, an important factor is to determine the technical condition of each infrastructure facility. Timely detection of the faulty state of devices and equipment can increase the reliability and safety of train traffic. In this regard, the railway pays great attention to diagnosing the state of devices during operation.

In modern practice, there are many different methods and diagnostic tools. Part is actively used in railway transport. Others are only being developed and tested to improve the quality of condition monitoring. In particular, this applies to contact network devices, as they are one of the most important components of the train movement process.

This article discusses the analysis of control methods for supporting structures of the contact network. The advantages and disadvantages of each method are compared.

**Keywords:** operational control, supports, ultrasonic inspection method, vibroacoustic control, non-destructive testing, x-rays and gamma rays.

### **Введение**

Большое разнообразие устройств и оборудования применяемых на железнодорожном транспорте влияет на надежность и безопасность движения поездов. В связи с этим, происходит увеличение требований, предъявляемых к методам диагностики. Важным объектам, влияющим на надежность являются опорные и поддерживающие конструкции[1]. В эксплуатационной практике применяются различные методы контроля технического состояния опор. В данной статье будет дана оценка существующим и перспективным методам.

### **Метод Визуального и Измерительного Контроля (ВИК).**

Данный метод самый простой из всех, т.к. основан в большей степени на возможностях зрения человека. Он не требует дополнительных затрат, в виде дорогостоящего оборудования.

С помощью ВИК можно обнаруживать дефекты опор, а именно искривления формы деталей, изделий, дефекты материала и обработки поверхности, трещины, задиры, подрезы, поверхностную пористость, коррозионные поражения и др.

Оптические приборы, так же применяемые в данном методе, могут существенно расширить пределы возможностей человеческого глаза. Они позволят увидеть мелкие вещи, которые находятся за пределами невооруженного глаза человека.

Основной принцип работы данного метода — это осмотр объекта наблюдения и дальнейший анализ полученных данных. Заключение же является вывод, который решает дальнейшую судьбу опоры – оставить или отремонтировать[2].

Достоинства:

- простота;
- доступность;
- малая трудоемкость.

Недостатки:

- низкая чувствительность;
- сравнительно низкая достоверность.

### **Метод ультразвукового контроля (УЗК).**

Ультразвуковой контроль – самый универсальный метод неразрушающего контроля[3]. Данный метод построен на физическом законе о распространении звуковых волн, где траектория движения звуковых волн в однородной среде остается неизменной. Подповерхностные дефекты являются отражателями ультразвуковых волн. При помощи дефектоскопа и пьезоэлектрического преобразователя в материал вводятся упругие колебания с частотой более 20 кГц. Они исходят от излучателя, преломляются в призме, входят в объект контроля, преломляясь еще раз на границе раздела, и дальше отражаются от дефектов, либо донной поверхности. В методе ультразвукового контроля используются разные виды волн, имеющие разные назначения.

Достоинства:

- обнаруживает подповерхностные дефекты;
- выявляет очаги коррозионного поражения;
- определяет неоднородность структуры материалов;
- измеряет глубину залегания дефектов и их размеры;
- позволяет оценивать качество соединений почти любых типов.

Недостатки:

- существенные ограничения при сканировании материалов с крупнозернистой структурой и высоким коэффициентом затухания;
- сложность при проведении контроля соединений разнородных материалов;
- ограниченная пригодность к дефектоскопии объектов сложной конфигурации.

### **Метод виброакустического контроля.**

Рассматриваемый метод следует отнести к методам неразрушающего контроля, а именно к акустическим методам. Он может найти применение для оценки несущей способности железобетонных опор. Способ заключается в том, что на опору на границе заделки опоры в фундамент устанавливают датчик преобразования сигналов акустической эмиссии (АЭ), на опоре закрепляют вибратор и подвергают опору нагрузке вибрацией, изменяющейся по частоте, регистрируют суммарную энергию АЭ, полученные результаты заносят в персональный компьютер под номером опоры, на последующих этапах нагружения опор вибрацией контролируют изменения суммарной энергии АЭ, по характеру изменения значений суммарной энергии АЭ судят о физическом состоянии опоры и принимают решение о замене опоры[4] Технический результат заключается в повышении достоверности получаемой информации при оценке физического состояния

железобетонной опоры, позволяющей определить критически опасную опору и своевременную ее замену. Аппаратная реализация способа показана на рис. 1.



**Рис. 1. Схема устройства виброакустического контроля.**

Устройство содержит: 1 - бензиновый инверторный генератор переменного тока (220 В, 50 Гц) типа BS 1000 i; 2 - программируемый регулятор тока типа E2-МИНИ; 3 - вибратор типа ИВ-99Е. Система регистрации и обработки АЭ информации типа СДС 1004, которая включает: 4 - системный четырех канальный блок; 5 - четыре предварительных усилителя; 6 - четыре резонансных датчика типа RS-150SM с магнитными держателями; 7 - персональный компьютер (ПК) с программным обеспечением для регистрации и обработки АЭ информации. Кроме этого, в состав устройства входит специальная арматура для крепления вибратора на контролируемой опоре и металлические накладки, приклеенные к опоре.

Достоинства:

- более точный метод в сравнении с другими акустическими методами;
- позволяет выявить динамику изменений в железобетонной опоре;
- позволяет оценить физическое состояние опоры;
- дешевизна.

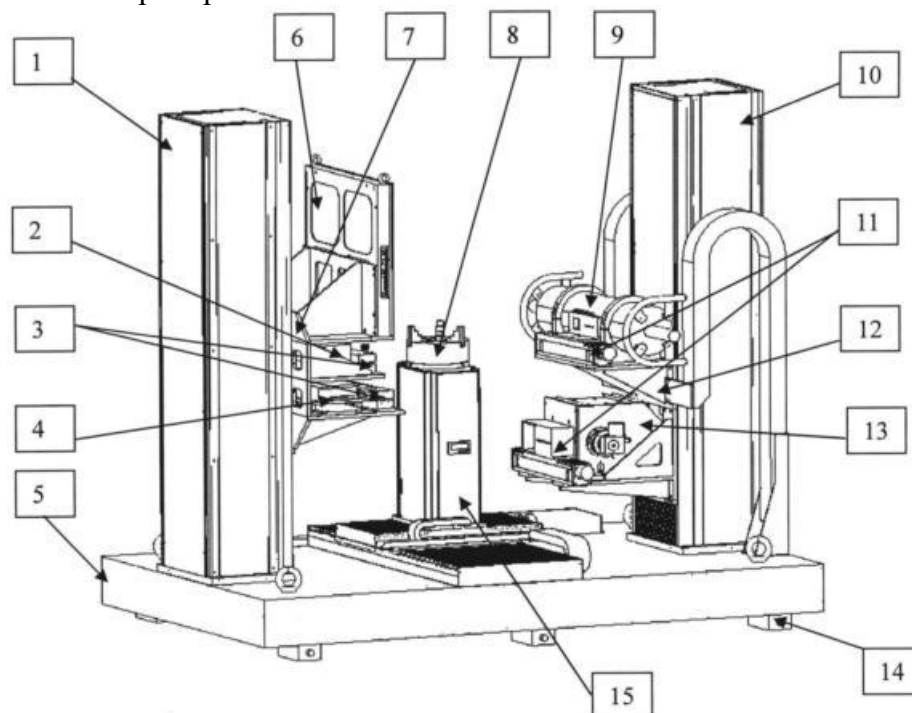
Недостатки:

- проведение исследований на частотах, включающих резонансную частоту опоры;
- не высокая достоверность;
- много важных условий, обязательных к соблюдению;
- процесс диагностики в сравнении с другими методами более время затратный.

### **Комбинированный метод радиационного неразрушающего контроля.**

Новейшее изобретение в области методов неразрушающего контроля, а именно комбинированный метод радиационного неразрушающего контроля заключается в следующем: заготовки подвергаются облучению рентгеновскими и гамма-лучами, вырабатываемыми источником излучения; лучи, проникающие через заготовки, улавливаются детектором и преобразуются в цифровые сигналы, а затем радиационные изображения заготовок получаются в процессе обработки сигналов, где комбинированный источник излучения, включающий в себя источник рентгеновского излучения и источник гамма-излучения, используется в качестве источника излучения, комбинированный детектор, включающий в себя твердотельный линейный матричный детектор, газовый линейный матричный детектор и планарный матричный детектор, используется в качестве детектора, а визуализация изображения ЦР (цифровой рентгенографии) сканирования или визуализация изображения среза КТ (компьютерной томографии) или визуализация изображения конусообразного луча КТ для заготовки осуществляется путем переключения между различными источниками излучения и тестирующими аппаратами,

включающими в себя различные детекторы. На рисунке 2 представлена схема устройства комбинированного прибора.



**Рис. 2. Устройства прибора для комбинированного метода неразрушающего контроля.**

Как показано на рис. 2, комбинированная система радиационного неразрушающего контроля настоящего изобретения включает в себя: основание 5 и металлические ножки 14, расположенные на нижней части основания; опору 10 источника излучения и опору 1 детектора, перпендикулярно зафиксированные на основании; рейку 12 источника излучения, которая может подниматься или передвигаться и закрепляться вдоль опоры 10 источника излучения; рейку 7 детектора, которая может подниматься или передвигаться и закрепляться вдоль опоры 1 детектора; источник 9 рентгеновского излучения и источник 13 гамма-излучения, прикрепленные к рейке 12 источника излучения; планарный матричный детектор 6, твердотельный линейный матричный детектор 2 и газовый линейный матричный детектор 4, зафиксированные на рейке 7 детектора; поворотный стол 15 для заготовки и расположенный на нем зажим 8 для заготовки; а также передний коллиматор 11 для источников излучения и задний коллиматор 3 для линейных матричных детекторов.

Кроме того, если включенный детектор является твердотельным линейным матричным детектором или газовым линейным матричным детектором, задний коллиматор используется для коллимации лучей в небольшие пучки лучей, высота и количество которых сопоставимы с детектором, а ширина коллиматорной щели заднего коллиматора меньше, чем ширина детектора; во время ЦР визуализации задний коллиматор может смещаться вдоль ширины обнаружения детектора; один набор проекционных данных получается для каждого смещения заднего коллиматора, а расстояние каждого смещения соответствует ширине коллиматорной щели.

Достоинства:

- высокая чувствительность;
- высокое разрешение обнаружения;
- высокая проникающая способность излучения;
- хорошая долгосрочная стабильность.

Недостатки

- радиационная опасность;

- дорогостоящий;
- сложный метод диагностики, требующий дополнительных знаний.

### **Заключение**

Каждый метод имеет свои неоспоримые как плюсы, так и минусы. В условиях жесткой экономии и невозможности траты больших средств на методы контроля опор, приходится выбирать более дешевые, но они менее точные[5]. Следовательно, можно сделать вывод, что рассмотренные методы не в полной мере решают задачу контроля состояния опорного хозяйства.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Ступицкий, В.П. Расчет несущей способности металлической решетчатой опоры контактной сети при кручении верхней части методом конечных элементов в САПР Femap / В.П. Ступицкий, И.А. Худоногов, В.А. Тихомиров, О.В. Лобанов. // Транспорт Урала/ УрГУПС. – Екатеринбург. – 2021. – №1 (68). – С. 99-102
2. Подольский В. И. Железобетонные опоры контактной сети. Конструкции, эксплуатация, диагностика/Труды ВНИИЖТ. - М.: Интекст, 2007. - 152 с.
3. Капранов Б.И. Акустические методы контроля и диагностики. Часть 1: учебное пособие / Б.И. Капранов, М.М. Коротков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 186 с.
4. Патент № 2681277 Российская Федерация, МПК G01M 7/00 (2006.01). Способ оценки несущей способности железобетонных опор: № 2017117059: заявл. 16.05.2017: опубл. 05.03.2019/ Фадеев В.С., Семашко Н.А., Паладин Н.М.; заявитель ООО «ИнфоТех». – 11 с.: ил. – Текст: непосредственный.
5. Ступицкий, В.П. Определение остаточной несущей способности металлических конструкций контактной сети / В. П. Ступицкий, И. А. Худоногов, В.А. Тихомиров, О.В. Лобанов. // Известия Транссиба /Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск. – 2019. – № 3 (39). – С. 88 – 99.

## **REFERENCES**

1. Stupitskiy V.P., Khudonogov I.A., Tikhomirov V.A, Lobanov O.V Raschet nesushchej sposobnosti metallicheskoj reshetchatoj opory kontaktnoj seti pri kruchenii verhnej chasti metodom konechnyh elementov v SAPR Femap [Calculation of bearing capacity of metal lattice catenary pole at torsion of the upper part by finite element method in Femap CAD] Transport Urala [Transport of the Urals] USUPS. - Yekaterinburg. – 2021. – №1 (68). – Pp. 99-102
2. Podolsky V. I. ZHelezobetonnye opory kontaktnoj seti. Konstrukcii, ekspluatatsiya, diagnostika [Reinforced concrete supports of the contact network. Construction, operation, diagnostics]/Trudy VNIIZhT. - M.: Intekst, 2007. - 152 p.
3. Kapranov B.I., Korotkov M.M. Akusticheskie metody kontrolya i diagnostiki. CHast' 1: uchebnoe posobie [Acoustic methods of control and diagnostics. Part 1: Tutorial]/Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2008. – 186 p.
4. Fadeev V.S., Semashko N.A., Paladin N.M. Sposob ocenki nesushchej sposobnosti zhelezobetonnyh opor [Method for assessing the bearing capacity of reinforced concrete supports] Patent RF, no 2681277, 2019
5. Stupitskiy V.P., Khudonogov I.A., Tikhomirov V.A, Lobanov O.V Opredelenie ostatochnoj nesushchej sposobnosti metallicheskih konstrukcij kontaktnoj seti [Determination of

residual bearing capacity of metal structures of the contact network]. *Izvestiya Transsiba [Journal of Transsib Railway Studies]*, 2019, No. 3 (39), pp. 88–99.

#### **Информация об авторах**

*Тюрин Иван Алексеевич* - студент кафедры «Электроэнергетика транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: ivan.tyuro222@gmail.com

*Ступицкий Валерий Петрович* – к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: dokasvp@mail.ru

*Лобанов Олег Викторович* – аспирант кафедры «Электроэнергетика транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: oleg.6965@mail.ru

#### **Information about the author**

*Ivan Alekseevich Tyurin* - student of the department «Electrical Power Industry of Transport», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: ivan.tyuro222@gmail.com

*Valerii Petrovich Stupitskiy* – Ph. D. in Engineering, Associate Professor of the department «Electrical Power Industry of Transport», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: dokasvp@mail.ru

*Oleg Viktorovich Lobanov* – postgraduate student of the department «Electrical Power Industry of Transport», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: oleg.6965@mail.ru