

Д.М. Филиппов¹, В.П. Ступицкий¹, О.В. Лобанов¹,

¹ *Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация*

ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

Аннотация. *Основной целью данной работы является демонстрация проблемы диагностики опор контактной сети и жестких поперечин. Рассмотрена статистика поломок и отказов опор как на всей ВСЖД, так и в отдельных дистанциях электроснабжения. Так же рассмотрены причины перехода опор в дефектное и острodefектное состояние и основные способы диагностики опор и жестких поперечин, которые уже используются на дороге и которые могут использоваться в будущем.*

Проведенные исследования показали, что проблема диагностики опор контактной сети и жестких поперечин очень актуальна и необходима разработка программно-технического комплекса, способного своевременно информировать о переходе опоры из одного состояния в другое, и в тоже время быть экономически эффективным.

Данная статья является одной из двух частей большой научной работы посвященной разработке программно-технического комплекса диагностики опор контактной сети и жестких поперечин.

Ключевые слова: *опоры контактной сети, жесткие поперечины, дефектное состояние, острodefектное состояние, статистика отказов, программно-технический комплекс, экономическая эффективность.*

D. M. Filipov¹, V. P. Stupitsky¹, O. V. Lobanov¹

¹ *Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation*

PROBLEMS OF DIAGNOSTICS OF THE PARAMETERS OF THE CONTACT NETWORK

Annotation. *The main purpose of this work is to demonstrate the problem of diagnostics of contact network supports and rigid crossbars. The statistics of breakdowns and failures of supports both on the whole VSZHD, and in separate distances of power supply are considered. The reasons for the transition of supports to a defective and acute defect state and the main methods for diagnosing supports and rigid crossbars that are already used on the road and that can be used in the future are also considered.*

The conducted studies have shown that the problem of diagnostics of contact network supports and rigid plates is very relevant and it is necessary to develop a software and technical complex that can inform about the transition of the support from one state to another in a timely manner, and at the same time be cost-effective.

This article is one of two parts of a large scientific work devoted to the development of a program-technical complex for diagnostics of contact network supports and rigid crossbars.

Keywords: *contact network supports, rigid crossbars, defective state, acute defect state, failure statistics, software and hardware complex, economic efficiency.*

Введение

Контактная сеть – сложная техническая система, представляющая собой совокупность взаимосвязанных элементов для передачи электрической энергии от подстанции к тяговым потребителям. Контактная сеть не имеет резерва, что обуславливает повышенные к ней требования. Перед обслуживающим ее персоналом стоит сложная и ответственная задача: постоянно содержать устройства контактной сети и воздушных линий в технически исправном состоянии [1].

При проектировании и эксплуатации контактной сети необходимо не только обеспечить надежный токосъем при любых заданных скоростях движения поездов, токовых нагрузках и климатических условиях, но и гарантировать механическую прочность и устойчивость всей системы контактной подвески, опорных и поддерживающих конструкций [2]. Опоры являются одним из ответственных элементов системы тягового электроснабжения. Из-за отсутствия их резерва они напрямую влияют на непрерывность технологического процесса перевозок, а в

случае разрушения создают угрозу нарушения безопасности движения поездов и жизни людей, поэтому надежность опор имеет важное значение для всего железнодорожного транспорта.

Исходя из анализа состояния опор контактной сети по Восточно-Сибирской дирекции по энергообеспечению на 29 марта 2021 года на дороге находится 138468 опор, из которых количество металлических опор составляет 12799 опор.

Количество опор контактной сети по типам и сроки их эксплуатации на ВСЖД на 29 марта 2021 года приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Количество опор контактной сети и срок их эксплуатации

Срок эксплуатации	Итого по ВСЖД, шт.	Процент от общего количества %
Общее количество опор	138468	100
Железобетонные опоры		
Всего	125669	90,8
Срок службы до 40 лет	78287	62,3
Срок службы от 41 до 50 лет	32310	25,7
Срок службы свыше 50 лет	15072	12,0
Металлические опоры		
Всего	12799	9,2
Срок службы до 40 лет	6893	53,9
Срок службы от 41 до 50 лет	22	0,2
Срок службы свыше 50 лет	5884	46,0

Общее количество опор и количество металлических опор, в частности, по дистанциям электроснабжения приведено на рисунке 1. По диаграмме, изображенной на рисунке 1, можно сделать вывод о том, что металлические опоры контактной сети имеются на всех дистанциях электроснабжения, а наибольшее их количество на Иркутской дистанции электроснабжения (ЭЧ-5).

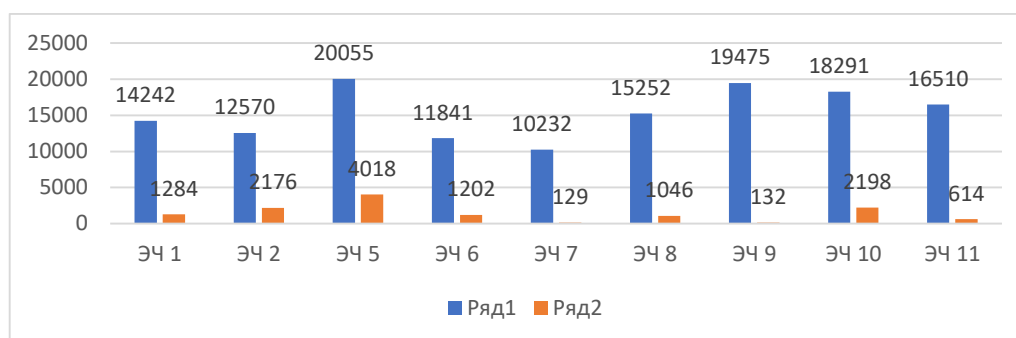


Рис. 1. Диаграмма распределения опор на всех дистанциях

Данные по распределению срока службы металлических опор контактной сети на ВСЖД приведены на рисунке 2.

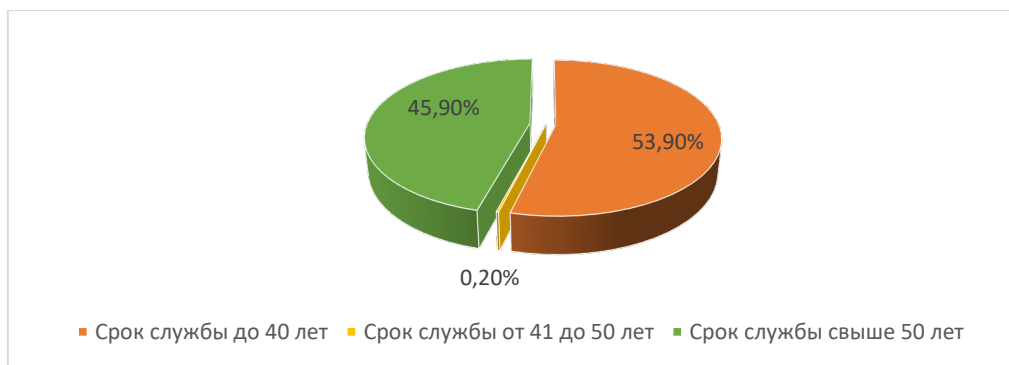


Рис. 2. Распределению срока службы металлических опор контактной сети на ВСЖД

По нормативно-технической документации, срок эксплуатации металлических опор контактной сети составляет 50 лет. По диаграмме на рисунке видно, что у 45,9% парка металлических опор ВСЖД срок эксплуатации превышен, 53,9% металлических опор имеют срок службы до 40 лет, и 0,2% составляют опоры со сроком службы от 41 до 50 лет.

Опоры в зависимости от вида дефектов, размеров повреждений подразделяются на острodefектные и дефектные.

Острodefектные опоры — это конструкции, состояние которых представляет угрозу безопасности движения поездов из-за возможного их разрушения, происходящего вследствие потери этими конструкциями своей несущей способности.

Дефектные опоры — это конструкции, у которых произошло снижение несущей способности. Однако остаточное значение ее достаточно для восприятия действующих на них нагрузок.

Ниже в таблице 1.2. представлена ведомость дефектных и острodefектных опор, находящихся в эксплуатации по дистанции электроснабжения ЭЧ-5.

Таблица 1.2. ведомость дефектных и острodefектных опор, находящихся в эксплуатации по дистанции электроснабжения ЭЧ-5

Ведомость дефектных опор в 2020 г ЭЧ-5	
Всего дефектных опор	3255 шт.
Дефектных железобетонных опор	1465 шт.
Дефектных металлических опор	1790 шт.
Отремонтированных опор	585 шт.
Дефектных опор подлежащих демонтажу	23 шт.
Демонтировано дефектных опор	81 шт.
Ведомость острodefектных опор в 2020 г ЭЧ-5	
Всего острodefектных опор	54 шт.
Острodefектных железобетонных опор	34 шт.
Острodefектных металлических опор	20 шт.
Отремонтированных опор	51 шт.
Демонтировано острodefектных опор	3 шт.

Причинами повреждения опор могут быть электрокоррозия, силовые воздействия разной природы (морозное пучение, давление грунта земляного полотна, влияние контактной подвески), усталость металла. Подобные причины выводят опоры контактной сети из вертикального габарита и могут привести к обрушению опоры.

Согласно «Правилам устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог», выправке должны подвергаться опоры, у которых наклон составляет более 3% высоты опоры в сторону, противоположную действию основных нагрузок, и 1% – вдоль пути. Наклон опор в сторону пути не допускается.

Методы и способы диагностики жестких поперечин

1) Визуальный метод диагностики

Визуальному осмотру подвергаются все устройства и узлы, опорные и поддерживающие конструкции, выявляются их повреждения и неисправности, проверяются на соответствие техническим требованиям [3]. При осмотре определяются виды и объемы работ по текущему и капитальному ремонтам [4].

Выявление трещин в конструктивных элементах производится визуальным осмотром с использованием луп с не менее чем 6-и кратным увеличением. В качестве дополнительного метода выявления трещин может служить «проба на керосин». В местах образования трещин на поверхности обработанных мелом конструкций после смачивания керосином появляются темные полосы. При осмотре конструкций особо тщательно следует осматривать сварные швы в стыках блоков или секций. В них не допускаются трещины, разрывы, а общий коррозионный износ не должен превышать 20%. При осмотре болтовых и заклепочных соединений определяется их плотность затяжки и прилегания, наличие повреждений в виде трещин, смятия головок, поворота головок болтов и заклепок, появление ржавых потеков из-под головок заклепок и болтов.

Ослабление болтов и заклепок проверяется обстукиванием: ослабленные болты и заклепки издают дребезжащий звук. Изгиб и погнутость элементов следует проверять путем измерения линейкой просвета между поверхностью элемента и приложенной к нему прямолинейной линейкой или рейкой.

Такой метод ограничивает точность выполняемой диагностики, тем самым снижает качество диагностики, кроме того, данный метод является экономическим и время затратным, в связи с большим количеством опор и большой протяжённостью дистанций.

2) Ультразвуковой метод диагностики и особенности его применения

Ультразвуковая дефектоскопия – это метод неразрушающего контроля, основанный на исследовании процесса распространения ультразвуковых колебаний с частотой 0,5-25 МГц с помощью специального оборудования (ультразвукового дефектоскопа).

Дефектоскоп – это прибор для обнаружения дефектов в изделиях из различных металлических и неметаллических материалов методами неразрушающего контроля.

К дефектам относятся нарушения сплошности или однородности структуры, зоны коррозионного поражения, отклонения химического состава и размеров и так далее.

Для измерения толщины используют эхо-метод и резонансный метод. При этом толщиномеры измеряют, соответственно, время пробега импульса в ОК и резонансные частоты. Согласно [7] для определения толщины стенок конструктивных элементов, подвергшихся коррозии могут использоваться штангенциркули, ультразвуковые толщиномеры любой конструкции, обеспечивающие точность измерения не менее 0,1 мм. Перед измерениями конструктивные элементы очищаются от продуктов коррозии, грязи и зачищаются до основного металла. В каждом сечении элементов проводится не менее 4-х измерений и на основании этих измерений определяется остаточная площадь сечения элементов.

Такой метод повышает точность выполняемой диагностики, но также является экономическим и время затратным.

Перспективным методом диагностики может быть диагностика методом трехмерного моделирования. Данный метод предполагает сканирование металлической конструкции, которая в последующем будет рассчитана с помощью ПО на основе метода конечных элементов [5].

Достоинством данного метода является наибольшая точность диагностики, а также позволяет оценивать и прогнозировать, насколько уменьшается срок эксплуатации опоры, восстанавливать события (версии), которые привели к появлению конкретного повреждения. Недостатком является большие экономические затраты

Перспективный метод диагностики при помощи тензодатчиков

Данный метод диагностики будет представлять собой программно-технический комплекс, который будет работать по 2 уровневой схеме: 1 уровень – на металлическую опору устанавливаются 3 тензодатчика в различных местах. Условный: обрез фундамента, место крепления консоли и место приложения нагрузки. Данные датчики будут реагировать на деформацию конструкции (растяжение, сжатие или скручивание) и преобразовывать полученную информацию в электрический сигнал. Полученная информация будет передаваться в долговременное хранилище. 2 уровень – передача информации в вагон лаборатории, для работы в соответствующем ПО. С помощью GSM модуля или Bluetooth модуля информация, хранящаяся на носители, передается на вагон-лабораторию, который совершает плановый объезд, там с данную информацию обрабатывают и делают вывод о необходимости ремонта опоры.

Данный метод может отслеживать состояние опор и ригелей в режиме реального времени, позволит сократить экономические расходы и повысить точность диагностики.

Заключение

Исходя из вышеизложенной информации можно сделать вывод что на данный момент на железной дороге нет эффективного как с точки зрения экономических показателей, так и с точки зрения точности диагностики. Поэтому необходима разработка программно-технического комплекса, который будет удовлетворять всем необходимым требованиям

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ступицкий, В. П. Определение остаточной несущей способности металлических конструкций контактной сети [Текст] / В. П. Ступицкий, И. А. Худоногов и др. // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск. – 2019. – № 3 (39). – С. 88 – 99.
2. Лобанов О.В. Определение критериев оценки качества токосъема на основе работы вагона испытания контактной сети/ ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО: материалы III Всероссийской научно-практической конференции, 20 декабря 2019 г. Чита: ЗаБИЖТ ИрГУПС, 2019. С. 199 – 203.
3. Ступицкий В.П. Повышение достоверности диагностирования состояния несущего троса контактной сети / В. П. Ступицкий, И. А. Худоногов, В. А. Тихомиров, О. В. Лобанов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. –2020. – Т. 65 № 1. – С. 136–143.
4. Фрайфельд А.В. Проектирование контактной сети. М.: Транспорт, 2014. 328 с.
5. 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

REFERENCES

1. 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.

2. Lobanov O. V. Opredelenie kriteriev ocenki kachestva tokos"ema na osnove raboty vagona ispytaniya kontaktnoj seti [Definition of evaluation criteria-quality current collection based on the work of the car testing contact network]// OBRAZOVANIE – NAUKA – PROIZVODSTVO: materialy III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, 20 dekabrya 2019 g. CHita: ZabIZHT IrGUPS [EDUCATION – SCIENCE – PRODUCTION: proceedings III all-Russian scientific-practical conference, December 20, 2019 Chita: ZIRT ISTU], 2019. pp. 199 – 203.

3. Stupitskii V. P., Khudonogov I. A., Tikhomirov V. A, Lobanov O. V. Povyshenie dostovernosti diagnostirovaniya sostoyaniya nesushchego trosa kontaktnoi seti [Increase in reliability of diagnosing of the contact network bearer cable condition]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2020, Vol. 65, No. 1, pp. 136–143.

4. Freifeld A.V. Proektirovanie kontaktnoj seti [Contact network design]. Moscow: Transport Publ., 2014. 328 p.

5. Stupitskiy V.P., Khudonogov I.A., Tikhomirov V.A, Lobanov O.V Raschet nesushchej sposobnosti metallicheskoj reshetchatoj opory kontaktnoj seti pri kruchenii verhnjej 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

Информация об авторах

Филиппов Даниил Михайлович – студент, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: fil.dan944@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

Authors

Filippov Daniil Mikhaylovich – Student, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: fil.dan944@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

Для цитирования

Филиппов Д.М. Проблемы диагностики параметров контактной сети [Электронный ресурс] / Д.М. Филиппов, В.П. Ступицкий, О.В. Лобанов // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн

For citation

Filipov D.M., Stupitskiy V.P., Lobanov O.V. *Problemy diagnostiki parametrov kontaktnoj seti* [Problems of diagnostics of the parameters of the contact network]. *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal]