

УДК 621.332.3:621.315.66:620.17

Ускоренные ресурсные испытания опор контактной сети железных дорог

А. А. ЦАРЬКОВ, П. Г. ТЮРНИН, Д. В. ТАРТЫНСКИЙ, В. В. ИВАКИН

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

Аннотация. Наличие большого парка опор контактной сети на железных дорогах ставит актуальнейшую задачу оценки их состояния и несущей способности.

Состояние опор контактной сети оценивают в процессе эксплуатации. Наряду с уже имеющимися опорами на железных дорогах появляются новые типы опор, например опоры, изготовленные с применением композитных материалов. Для подтверждения их надежности и работоспособности в условиях железнодорожного транспорта необходимо проведение комплекса испытаний.

Приведены описание и схема стенда вибрационного нагружения стоек для опор контактной сети. Выбраны параметры вибрационного нагружения. Предложена методика проведения ускоренных ресурсных испытаний. Представлена методика вибрационного нагружения.

Стендовые испытания по предлагаемой методике позволяют дать оценку возможности применения новых типов опор в условиях железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: опоры контактной сети; стойки для опор контактной сети; вибрационное нагружение; испытания

Введение. Опорные конструкции являются нерезервируемыми элементами контактной сети, а их излом почти неизбежно влечет за собой выход из строя участка железной дороги. Одновременно с нарушением целостности электрической цепи высокого напряжения и повреждением объектов железнодорожного транспорта излом опор представляет серьезную угрозу безопасности перевозок. Наличие большого парка опор контактной сети на железных дорогах ставит актуальнейшую задачу оценки их состояния и несущей способности.

Состояние опор контактной сети оценивают в процессе эксплуатации [1 – 3]. Для контроля их состояния существует большое количество методов [4 – 10], имеющих свои достоинства и недостатки.

Наряду с существующими типами опор на железных дорогах появляются и новые типы, например опоры, изготовленные с применением композитных материалов. Для подтверждения их надежности и работоспособности в условиях железнодорожного транспорта необходимо проведение комплекса предварительных испытаний.

Испытания новых типов опор. Стенд вибрационного нагружения стоек для опор контактной сети. Предлагаются проводить испытания в два этапа:

- первый этап включает в себя стендовые испытания стоек для опор контактной сети на проверку механических характеристик (прочность, жесткость, трещиностойкость), геометрических показателей, а также характеристик материалов;

- второй этап заключается в проведении ускоренных ресурсных испытаний. Ресурсные испытания в свою очередь подразделяются на стендовые и эксплуатационные.

Стендовые испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 19330 – 2013 «Стойки для опор контактной сети железных дорог. Технические условия» на аттестованном оборудовании.

Для проведения ускоренных ресурсных испытаний в АО «ВНИИЖТ» разработан стенд вибрационного



Рис. 1. Стенд вибрационного нагружения стоек
Fig. 1. Stand for vibration loading of racks

■ E-mail: antixx@yandex.ru (А. А. Царьков)

Данные для стендовых испытаний различных типов опор
Data for bench tests of various types of supports

Тип стойки	Нагрузка P_k , кН (кгс)		Допустимый прогиб, мм
	Статическая	Динамическая (амплитуда)	
2 – 59 (6,0)	13,24 (1350)	3,43 (350)	100
3 – 79 (9,0)	17,66 (1800)	4,91 (500)	100
4 – 98 (10,0)	22,07 (2250)	5,89 (600)	125
5 – 117 (12,0)	26,49 (2700)	6,87 (700)	125

нагружения стоек. Стенд позволяет провести испытания на определение стойкости к воздействию вертикальных колебаний металлических, железобетонных стоек и стоек, изготовленных с применением композитных материалов, устанавливаемых на фундамент. Он расположен на полигоне контактной сети Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ» в Щербинке (рис. 1). Испытания проходят на открытом воздухе при температуре окружающей среды от -20 до $+40$ °С.

Стенд позволяет создавать статическое нагружение стоек для опор контактной сети нагрузкой до 40 кН и динамическое нагружение до 10 кН с частотой приложения нагрузки до 5 Гц. Данные нагрузки охватывают все существующие типы опор. При необходимости возможности стенда можно расширить.

Динамическая нагрузка на опору создается с помощью пульсатора. Блок-схема пульсатора и его описание представлены на рис. 2.

Компрессор служит для создания давления в схеме пульсатора. С помощью регулятора давления задается давление на пневмоцилиндре, необходимое для установки требуемой динамической нагрузки. Пневмораспределитель и блок управления задают цикличность приложения нагрузки.

Структурная схема механической части стенда для задания статической нагрузки представлена на рис. 3. Статическая нагрузка на опору задается с помощью подвесных грузов через систему полиспада. Схема нагружения стойки для опор контактной сети выполнена в соответствии с ГОСТ 19330 – 2013 «Стойки для опор контактной сети. Технические условия».

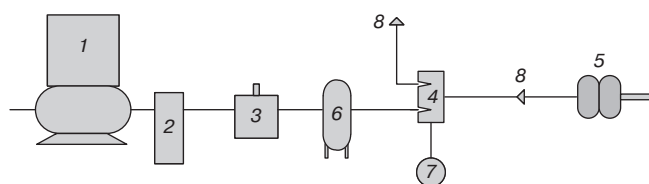


Рис. 2. Блок-схема пульсатора:

1 — компрессор с ресивером; 2 — фильтр; 3 — регулятор давления; 4 — пневмораспределитель; 5 — пневмоцилиндр или пневморессора; 6 — ресивер; 7 — блок управления; 8 — глушитель

Fig. 2. Block diagram of pulsator:

1 — compressor with receiver; 2 — filter; 3 — pressure controller; 4 — pneumatic switch; 5 — pneumatic cylinder or pneumatic spring; 6 — receiver; 7 — control unit; 8 — muffler

Параметры и порядок проведения вибрационных испытаний:

1. Устанавливают и закрепляют стойку на стенде для проведения вибрационного нагружения.

2. Нагружают стойку статической нагрузкой F (схема приложения нагрузки приведена на рис. 3).

Нагрузка прикладывается к консоли, имеющей рабочую длину 2500 мм и установленной на высоте 8000 мм от основания опоры.

Значение статической нагрузки, прикладываемой к стойке, задают в соответствии с таблицей в зависимости от типа стойки по несущей способности.

Значение суммарной нагрузки на стойку соответствует коэффициенту безопасности (определяющему степень повышения нагрузки над нормативной), равному 1,4 по ГОСТ 19330 – 2013. Динамическая составляющая в общей нагрузке определялась опытным путем на известных типах опор, применяемых достаточно длительное время в ОАО «РЖД». Динамическая нагрузка была принята равной 0,3 от нормативного изгибающего момента стойки для опор контактной сети. Данное значение нагрузки позволяет выявить степень релаксации стойки (при малых значениях динамической составляющей нагрузки ползучести стойки не наблюдалось, при больших значениях — появлялись критические дефекты).

Определяют прогиб стойки на уровне контактного провода.

3. Прикладывают динамическую нагрузку F_d . Частота динамической нагрузки — 0,5 – 0,7 Гц, что ниже значений резонансной частоты колебания стоек. При большей частоте колебаний динамическая нагрузка не успевала набирать требуемую амплитуду. Малые частоты колебаний существенно увеличивали время проведения испытаний.

4. Стойку выдерживают в состоянии вибрационного нагружения $100 \cdot 10^3$ циклов. Число циклов нагружения контролируют по счетчику.

5. Снимают динамическую нагрузку со стойки.

6. Выполняют оценку трещиностойкости стойки по ГОСТ 8829 «Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости».

7. Пункты 3 – 4 повторяют до достижения $200 \cdot 10^3$, $300 \cdot 10^3$, $400 \cdot 10^3$, $500 \cdot 10^3$ и $1000 \cdot 10^3$ циклов нагружения. В процессе виброн нагружения контролируется состояние стойки.

8. После проведения вибрационного нагружения снимают динамическую нагрузку со стойки и выполняют оценку трещиностойкости. Определяют прогиб стойки после вибрационного нагружения на уровне контактного провода.

9. Снимают статическую нагрузку. Определяют остаточную деформацию стойки после вибрационного

нагружения (остаточный прогиб на уровне контактного провода).

У стоек для опор контактной сети, прошедших вибрационное нагружение, проверяются механические характеристики (прочность, жесткость, трещиностойкость), а также изменение геометрических показателей и свойств материалов.

Стойки считают выдержавшими испытания, если их технические показатели находятся в допустимых пределах, установленных нормативными документами (ГОСТ 19330–2013).

В случае положительного результата испытаний проводятся эксплуатационные испытания на сети железных дорог с номинальными нагрузками в течение 3–5 лет, ведется контроль параметров испытываемых опор (трещиностойкость, прямолинейность, прочность бетона и т. п.).

Выводы. 1. Предлагаемые ускоренные ресурсные испытания позволят оценить надежность и работоспособность новых типов опор контактной сети в условиях железнодорожного транспорта.

2. Стенд вибрационного нагружения позволяет проводить ресурсные испытания стоек для опор контактной сети в части определения их способности выдерживать вибрационные нагрузки по трещиностойкости и степени релаксации, а также позволяет определить несущую способность стоек и провести проверку коэффициента безопасности стоек для опор контактной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указания по техническому обслуживанию и ремонту опорных конструкций контактной сети / Департамент электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД». М., 2008. 86 с.
2. Подольский В. И., Чекулаев В. Е., Бекренев В. Ю. Диагностика опор обеспечит безопасность движения поездов // Локомотив. 2012. № 10. С. 42–44.
3. Селедцов Э. П., Баранов Е. А. Эксплуатация опор контактной сети. М.: Транспорт, 1970. 96 с.
4. Подольский В. И. Железобетонные опоры контактной сети. Конструкция, эксплуатация, диагностика // Труды ВНИИЖТ. М.: Интекст, 2007. 152 с.
5. Царьков А. А. Контроль положения стальной арматуры в железобетонных опорах контактной сети при смешанном армировании электромагнитным методом // Вестник ВНИИЖТ. 2010. № 5. С. 37–40.
6. Вайнштейн А. Л., Павлов А. В. Коррозионные повреждения опор контактной сети. М.: Транспорт, 1988. 108 с.
7. Вайнштейн А. Л. Технические средства, разработанные на Московской железной дороге для коррозионных обследований железобетонных опор контактной сети // Ж.-д. трансп. Серия Электрификация и энерг. хоз-во: экспресс-информация. Вып. 5. ЦНИИТЭИ МПС, 1988. С. 1–8.
8. Подольский В. И. Диагностика железобетонных опор ультразвуковыми приборами. Электроснабжение железных дорог // Экспресс-информация. Вып. 2. ЦНИИТЭИ МПС, 1993. С. 14–26.

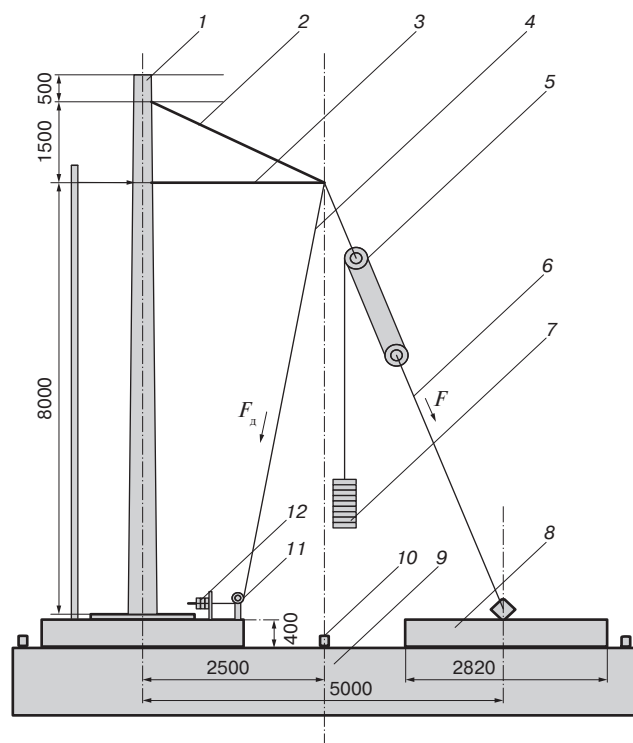


Рис. 3. Схема вибрационного нагружения стоек:
1—стойка; 2—консоль; 3—тяга консоли; 4—трос; 5—полиспаст; 6—оттяжка; 7—грузы; 8—плита; 9—основание; 10—ось; 11—ролик; 12—пневмоцилиндр

Fig. 3. Scheme for vibration loading of racks:
1—rack; 2—console; 3—console drive; 4—wire; 5—block-and-tackle; 6—pull-off; 7—loadings; 8—plate; 9—base; 10—axle; 11—roller; 12—pneumatic cylinder

9. Герасимов В. П., Вайтрауб Л. Д., Пермяков Б. А. Аппаратура диагностики опор. Индуктивный метод // Электрическая и тепловозная тяга. 1981. № 4. С. 40–41.

10. Гуков А. И., Чадин А. Б. Аппаратура диагностики опор. Вибрационный и электрохимический методы // Электрическая и тепловозная тяга. 1981. № 4. С. 38–40.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

ЦАРЬКОВ Антон Александрович, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, отдел «Контактная сеть и токосъем», АО «ВНИИЖТ»

ТЮРНИН Павел Георгиевич, заведующий отделом «Контактная сеть и токосъем», АО «ВНИИЖТ»

ТАРТЫНСКИЙ Денис Викторович, старший научный сотрудник, отдел «Контактная сеть и токосъем», АО «ВНИИЖТ»

ИВАКИН Валерий Викторович, старший научный сотрудник, отдел «Контактная сеть и токосъем», АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 17.01.2016 г., актуализирована 25.03.2016 г., принята к публикации 4.04.2016 г.

Accelerated life cycle tests of catenary supports of railways

A. A. TSAR'KOV, P. G. TYURNIN, D. V. TARTYNSKIY, V. V. IVAKIN

Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

Abstract. The large base of support of catenary supports on railways sets urgent task to assess their condition and load capacity.

Condition of catenary supports evaluated during operation. In addition to the existing supports on the railways there are new types, such as supports, manufactured using composite materials. To confirm their reliability and performance in terms of rail transport it is necessary to carry out complex tests.

Tests are offered to perform in two stages: 1) bench tests to check mechanical properties and geometrical indicators; 2) accelerated life cycle testing. Accelerated life cycle tests are divided into bench and operational.

For the bench accelerated tests a stand for vibration loading of racks of catenary supports is designed, which allows carrying out tests to determine resistance of supports to vertical vibration, resistance to relative creeping of racks. The stand has the ability to create static loading for racks of catenary supports up to 40 kN and dynamic loading up to 10 kN at a frequency of applying loads up to 5 Hz.

Description and the scheme of the stand of vibration loading for racks of catenary supports are provided in article. Parameters of vibration loading are chosen. The technique of carrying out accelerated life cycle tests is offered. The technique of vibration loading is given.

Bench tests of racks for catenary supports by the offered technique allow giving an assessment to a possibility of application of new types of supports in the conditions of railway operation.

Keywords: catenary supports; racks for catenary supports; vibration loading; tests

REFERENCES

1. *Instructions for maintenance and repair of support structures for catenary.* Electrification and power supply department of JSC "Russian Railways". Moscow, 2008, 86 p. (in Russ.).
2. Podol'skiy V. I., Chekulaev V. E., Bekrenev V. Yu. *Diagnostika opor obespechit bezopasnost' dvizheniya poezdov* [Diagnosis of support will ensure the safety of trains]. Lokomotiv, 2012, no.10, pp. 42 – 44.
3. Seledtsov E. P., Baranov E. A. *Ekspluatatsiya opor kontakt-noy seti* [Exploitation of supports of catenary network]. Moscow, Transport Publ., 1970, 96 p.
4. Podol'skiy V. I. *Zhelezobetonnye opory kontakt-noy seti. Konstruktsiya, ekspluatatsiya, diagnostika* [Reinforced concrete supports of contact network. Design, operation, diagnostics]. Trudy VNIIZhT [Proceedings of the Railway Research Institute]. Moscow, Intext Publ., 2007, 152 p.

5. Tsar'kov A. A. *Kontrol' polozheniya stal'noy armatury v zhelezobetonnykh oporakh kontakt-noy seti pri smeshannom armirovanii elektromagnitnym metodom* [Control of position of steel reinforcement in concrete catenary supports with mixed reinforcement by electromagnetic method]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2010, no. 5, pp. 37 – 40.

6. Vaynshtein A. L., Pavlov A. V. *Korrozionnye povrezhdeniya opor kontakt-noy seti* [Corrosion damage to the support of catenary network]. Moscow, Transport Publ., 1988, 108 p.

7. Vaynshtein A. L. *Tekhnicheskie sredstva, razrabotannye na Moskovskoy zheleznoy doroge dlya korrozionnykh obsledovaniy zhelezobetonnykh opor kontakt-noy seti* [Technical equipment developed at the Moscow Railway for corrosion survey of concrete supports of contact network]. Railway transport, TsNIITEI MPS, no. 5, 1988, pp.1 – 8.

8. Podol'skiy V. I. *Diagnostika zhelezobetonnykh opor ul'trazvukovymi priborami. Elektroshabzhenie zheleznykh dorog* [Diagnosis of reinforced concrete supports of ultrasonic devices. Electric supply of railways]. Railway transport, TsNIITEI MPS, 1993, no. 2, pp.14 – 26.

9. Gerasimov V. P., Vaytraub L. D., Permyakov B. A. *Apparatura diagnostiki opor. Induktivnyy metod* [Equipment for diagnosing supports. Inductive method]. Elektricheskaya i teplovoznaya tyaga, 1981, no. 4, pp. 40 – 41.

10. Gukov A. I., Chadin A. B. *Apparatura diagnostiki opor. Vibratsionnyy i elektrokhimicheskiy metody* [Equipment for diagnosing supports. Vibration and electrochemical methods]. Elektricheskaya i teplovoznaya tyaga, 1981, no. 4, pp. 38 – 40.

ABOUT THE AUTHORS

TSAR'KOV Anton Aleksandrovich,
Cand. Sci. (Eng.), Leading Researcher, Department "Contact network and current collection", JSC "VNIIZhT"

TYURNIN Pavel Georgievich,
Head of Department "Contact network and current collection", JSC "VNIIZhT"

TARTYNSKIY Denis Viktorovich,
Senior Researcher, Department "Contact network and current collection", JSC "VNIIZhT"

IVAKIN Valery Viktorovich,
Senior Researcher, Department "Contact network and current collection", JSC "VNIIZhT"

Received 17.01.2016

Revised 25.03.2016

Accepted 4.04.2016

■ E-mail: antixx@yandex.ru (A. A. Tsar'kov)