

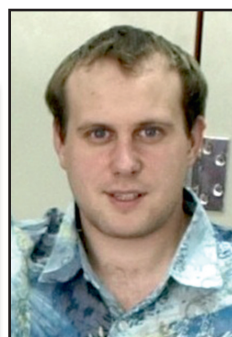


Композитные валики для арматуры контактной сети



Юрий КОЧУНОВ
Yuri A. KOCHUNOV

Николай ИВАНОВ
Nikolay L. IVANOV



Максим ДУПЛЯКИН
Maxim K. DUPLYAKIN

Кочунов Юрий Александрович – кандидат технических наук, доцент УрГУПС, Екатеринбург, Россия. Иванов Николай Леонидович – кандидат технических наук, руководитель испытательного центра технических средств железнодорожного транспорта УрГУПС, Екатеринбург, Россия. Дуплякин Максим Константинович – инженер ИЦ УрГУПС, Екатеринбург, Россия.

Composite Rollers for Armature of the Contact Network
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 96)

Одной из приоритетных задач в сфере развития контактной сети железных дорог является внедрение малообслуживаемого оборудования, конструкций и элементов. В статье рассмотрена альтернатива применению валиков КС-084. Теоретические исследования допустимой нормативной нагрузки на узел крепления проводов, как и экспериментальная проверка, включавшая оценку механической прочности стеклопластиковых валиков на срыв в соответствии с ОСТ 32.204–2002, показали полную готовность предлагаемых изделий к эксплуатации в конструкциях воздушных линий электропередачи.

Ключевые слова: железная дорога, контактная сеть, арматура, валик, стеклопластик, композит, срез, нагрузка.

Для начала уточним: контактная сеть электрифицированных железных дорог представляет собой сложную систему с большим числом узлов и элементов. Многие из этих элементов можно объединить в понятие «арматура контактной сети» и охарактеризовать как изделия, предназначенные для подвешивания, фиксации в заданном положении, стыковки, анкеровки, механического и электрического соединения проводов, подвешиваемых на опорах контактной сети [1].

Как в России, так и за рубежом арматура контактной сети железных дорог подразделяется по материалу изготовления:

- из чёрных металлов (методом литья);
- из цветных металлов;
- из стали.

С вводом в эксплуатацию самонесущих изолированных проводов получило развитие изготовление узлов и элементов их крепления, выполненных из полимерных композитных материалов. В числе передовых предприятий в этой области можно выделить Siemens AG, Pfisterer, Ribe electrical

fittings, Ensto, Niled, Sicame, Tyco Electronics Simel, МЗВА, ТЭСК [2]. Несмотря на положительный эффект, такие узлы применяются при использовании защищённых проводов.

На сегодняшний день наблюдается активная тенденция развития объектов железнодорожного транспорта с применением полимерных композитных материалов. Помимо мостов, вагонов, из ПКМ изготавливаются опоры, консоли контактной сети и кронштейны воздушных линий электропередачи продольного электроснабжения, которые представляют собой гладкостержневые конструкции [3–6]. С точки зрения повышения их электрической прочности встал вопрос о возможном использовании стеклопластика в качестве материала для валиков в арматуре контактной сети взамен стальных валиков КС-084. Данная деталь планируется в соединении между струновым узлом ЛЭЗ 41.1066 и серьгой КС-075 (рис. 1), в перспективе с заменой металлической серьги на композитную.

Первым этапом анализа является изучение ОСТ 32.204–2002 и сопоставление требуемых норм для новой конструкции валиков.

Так как валик работает на срыв (нагрузка, приложенная к изделию арматуры перпендикулярно плоскости, проходящей через ось провода и ось симметрии арматуры), то необходимо оценить максимальную разрушающую нагрузку поперёк волокон стеклопластика. Разрушающая механическая нагрузка на срыв – это наименьшее значение нагрузки, приложенной к изделию арматуры или соединению проводов, вызывающее их разрушение, деформацию или другие необратимые изменения. Работоспособность изделия определяется коэффициентом запаса механической прочности (отношением разрушающей нагрузки к допустимой) [1].

При этом определены основные параметры, которым должны отвечать композитные валики:

- они должны обеспечивать возможность свободного перемещения сопрягаемых изделий относительно друг друга и исключать возможность самопроизвольного их расщепления в условиях эксплуатации;

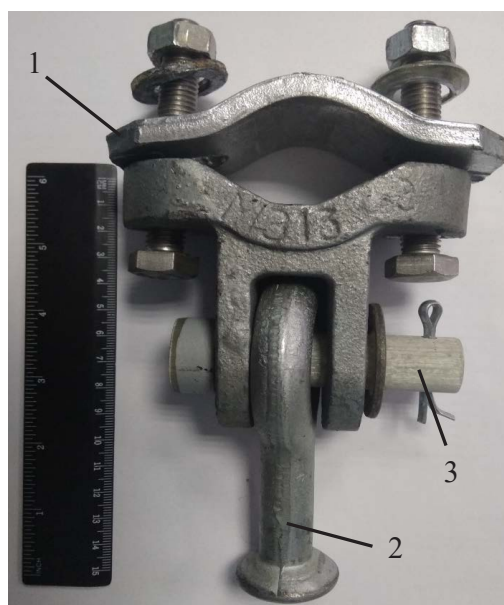


Рис. 1. Узел арматуры контактной сети с использованием композитного валика:
1 – узел струновой ЛЭЗ 41.1066; 2 – серьга КС-075;
3 – композитный валик 19 × 70.

- параметры на срез обязаны отвечать требованиям ОСТ 1.90148–74 [7];
- валики должны изготавливаться из антикоррозионного материала или иметь коррозионностойкое покрытие;
- для изделий арматуры, не воспринимающих нагрузку от проводов, величина нагрузок, вызывающих сдвиг и срыв, должна быть не менее трёхкратной от допустимой;
- срок службы изделий арматуры с крепёжным изделием из антикоррозионного материала должен быть 50 лет.

Для выполнения поставленной задачи использован стенд растяжения/сжатия «Универсальная испытательная машина *Testometric FS100 AT*» (максимальная нагрузка 100 кН). Стенд установлен в испытательном центре технических средств железнодорожного транспорта Уральского государственного университета путей сообщения. Центр является одним из ведущих испытательных центров Уральского региона, где проводятся научные исследования широкой направленности, в том числе исследования свойств полимерных композитов и изделий из них.

На испытания были представлены три образца композитных валиков, изготовлен-





Рис. 2. Схема испытаний на одинарный срез:
1 – ножи; 2 – образец.

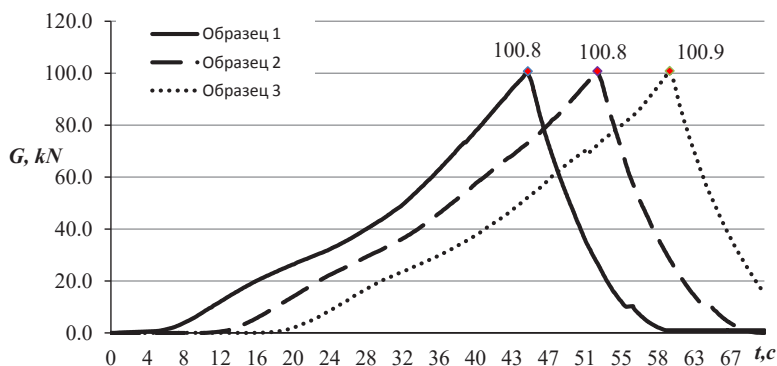


Рис. 3. Диаграммы растяжения.



Рис. 4. Образцы композитных валиков после испытаний.

ных на научно-производственном предприятии «Электромаш» (Екатеринбург). Валики представляют собой стержни диаметром $d = 19$ мм, длиной $l = 70$ мм, имеющие с одной стороны шляпку, а с другой отверстие для шпалты, т.е. внешний вид

полностью повторяет конструкцию валика КС-084.

Испытания на срыв проведены при нормальных климатических условиях и в соответствии с требованиями [7, 8]. На рис. 2 представлена схема испытаний на одинарный срез. Образец вставлен в технологическое отверстие ножей, без натяга, зазор между образцом и ножами не более 0,1 мм. Скорость перемещения ножей не превышает 10 мм/мин при рабочем ходе испытательной машины. Испытания для каждого образца были идентичны, в ходе экспериментов сняты нагрузочные диаграммы, демонстрируемые на рис. 3.

Используя формулу (1) [7], определено сопротивление среза для композитных валиков 19×70 :

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{4 \cdot P}{p \cdot d^2} \quad (1)$$

Сопротивление составляет $\tau_{\text{ср}} = 50$ кгс/мм².

Исходя из [9], для конструкционной стали Ст3кп2, из которой изготавливают металлические валики КС-084, при диаметре стержня до 20 мм сопротивление среза составляет 24 кгс/мм², для Ст3пс2 – 25 кгс/мм. Видно, что расчётные значения сопротивления среза для стали в два раза меньше, чем у композитных валиков.

На рис. 4 представлены образцы валиков, прошедшие испытания. На поверхности образцов, в месте приложения нагрузки, имеются следы от ножей, однако полученные повреждения не уменьшили механическую прочность валиков. Они были



Рис. 5. Внешний вид композитного валика KC-K-084.

использованы в дальнейших механических испытаниях полимерных поддерживающих конструкций, предназначенных для воздушных линий электропередачи в устройствах электрификации и электроснабжения железных дорог.

В целях обеспечения срока службы до 50 лет при изготовлении валиков применяются композитные стержни, в которые при производстве добавляется УФ-стабилизатор, а также на поверхность наносится диэлектрическая эмаль. Данная эмаль обладает высокой стойкостью к ультрафиолету, термостарению, истиранию, препятствует проникновению влаги, обладает стойкостью к перемене температур.

На рис. 5 показан образец композитного валика, готового к эксплуатации.

ВЫВОДЫ

По проведённым теоретическим исследованиям допустимая нормативная нагрузка на узел крепления провода (при использовании провода АС-70 в условиях третьего ветрового и гололедного режимов) составляет 1738 Н [10], с учётом коэффициента запаса $k_3 = 3$ разрушающая нагрузка должна быть не менее 5214 Н.

Из экспериментальных исследований определено, что разрушающая механическая нагрузка композитных валиков 19×70 превышает 100 кН, что на 95 % больше нормативно-допустимого значения.

Таким образом, композитные валики соответствуют требованиям [1, 7] на срыв

и могут быть использованы в арматуре контактной сети.

ЛИТЕРАТУРА

- ОСТ 32.204–2002. Арматура контактной сети электрифицированных железных дорог. Общие технические условия. – М.: МПС России, 2003. – 44 с.
- Аналитический обзор производителей арматуры для самонесущего изолированного провода, представленных на российском рынке // Кабель-news. – 2007. – № 11. [Электронный ресурс]: http://www.kabel-news.ru/issue/announces_18.html. Доступ 05.06.2018.
- Консоль контактной сети РЖД. [Электронный ресурс]: <http://www.nccrussia.com/ru/products/220-konsol-kontaktnoj-seti-rzhd.html>. Доступ 05.06.2018.
- Нанотехнологии на железнодорожном транспорте: каталог / Роснано «Железнодорожная отрасль», ОАО «РЖД». [Электронный ресурс]: http://www.rusnano.com/upload/images/download/ROSNANO_RZD_brochure.pdf. Доступ 05.06.2018.
- Кочунов Ю. А., Грехов А. О. Современные поддерживающие конструкции // Инновационный транспорт-2016: специализация железных дорог / Матер. междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 60-летию основания УрГУПС. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2017. – С. 67–73.
- Лукьянов А. М., Чепелев Ю. Г., Бардин А. Н. Разрабатываем полимерные консоли // Мир транспорта. – 2016. – № 3. – С. 60–71.
- ОСТ 1.90148–74. Металлы. Метод испытания на срез. – М., 1974. – 8 с.
- ГОСТ 15150–2013. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – М.: Стандартинформ, 2013. – 76 с.
- ГОСТ 535–2005. Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2005. – 12 с.
- Кочунов Ю. А., Паранин А. В., Иванов Н. Л., Егоров Д. В. Механические параметры кронштейна КПВЛТ // Транспорт Урала. – 2017. – № 4. – С. 76–81. ●

Координаты авторов: **Кочунов Ю. А.** – yukochunov@mail.ru, **Иванов Н. Л.** – icts@bk.ru, **Дуплякин М. К.** – mkduplyakin@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 13.04.2018, актуализирована 05.06.2018, принята к публикации 09.06.2018.



COMPOSITE ROLLERS FOR ARMATURE OF THE CONTACT NETWORK

Kochunov, Yuri A., Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia.

Ivanov, Nikolay L., Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia.

Duplyakin, Maxim K., Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia.

ABSTRACT

Development of contact networks feeding electrified railways has a trend to use the devices, structures and elements that can be maintained with less efforts and as rarely as possible. The article considers an alternative to application of rollers KS-084 regarding the Russian practices but also suggests approaches and useful tools that can be used on the whole while assessing different

operation aspects of power supply systems. Theoretical studies of the permissible normative load on the wire fastening assembly, as well as the experimental verification, including the evaluation of the mechanical strength of GRP rollers for failure in accordance with OST 32.204–2002, showed the complete availability of the composite products offered for operation in the construction of overhead contact systems.

Keywords: railway, contact network, catenary, armature, roller, fiberglass, composite, shear, load.

Background. To begin with, let's clarify: the catenary of electrified railways is a complex system with a large number of nodes and elements. Many of these elements can be combined into the concept of «armature of the contact network» and described as products and fittings intended for hanging, fixing in a given position, docking, anchoring, mechanical and electrical connection of wires suspended on the contact network supports [1].

Both in Russia and abroad, the armature of the railway contact network is divided according to the material of manufacture:

- of metals (by casting);
- of non-ferrous metals;
- of steel.

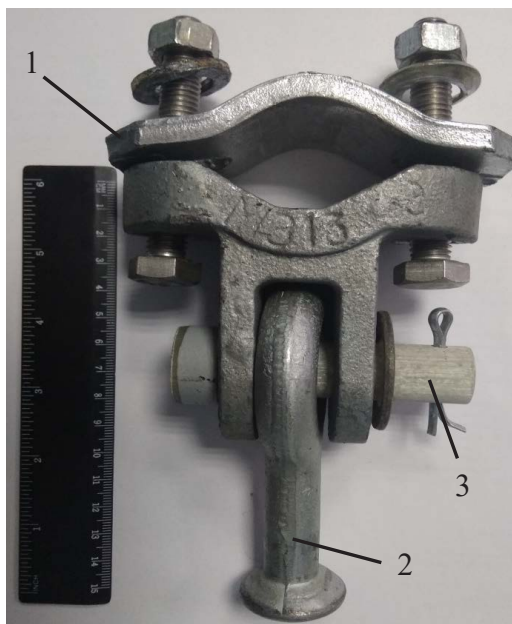
With advancement of self-supporting insulated wires, the production of components and fitting elements for wires made of polymer composite materials has been developed. Siemens AG, Pfisterer, Ribe group,

Ensto, Niled, Sicame, Tyco Electronics Simel, MZVA, and TESK are among the leading companies in this field [2]. Despite the positive effect, such nodes are used when using protected wires.

Objective. The objective of the authors is to consider composite rollers for armature of the contact network.

Methods. The authors use general scientific and engineering methods, comparative analysis, evaluation approach, graph construction, mathematical calculations, electrical engineering methods.

Results. To date, there has been an active trend in development of railway transport facilities using polymer composite materials (PCM). In addition to bridges and cars, PCM are used for construction of supports, consoles of the contact network and brackets for power transmission lines for longitudinal power supply, which are smooth-rod designs [3–6]. From the point of view of increasing their electrical strength, the question arose about the possible use of fiberglass plastic as a material for rollers in the fittings of the catenary instead of steel rollers KS-084. This part is planned to be used within the connection between the string node LEZ 41.1066 and the

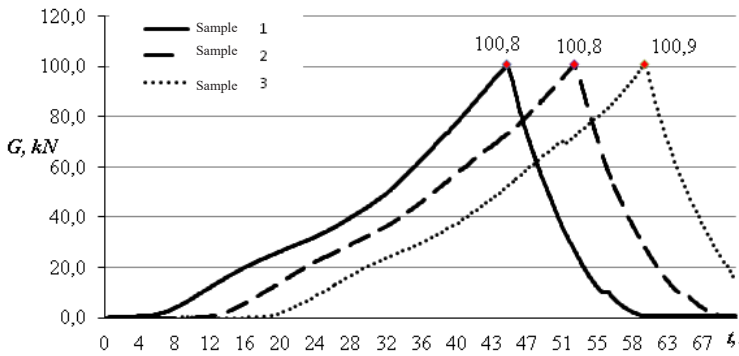


Pic. 1. An assembly of the contact network armature with a composite roller:

1 – string node LEZ 41.1066; 2 – connecting link KS-075; 3 – composite roller 19 × 70.



Pic. 2. Scheme of tests for a single cut: 1 – blades; 2 – the sample.



Pic. 3. Tension diagrams.

connecting link KS-075 (Pic. 1), providing for future replacement of the metal connecting link with a composite one.

The first stage of the analysis is the study of OST 32.204–2002 [technical specifications] and comparison of the required norms with regard to a new design of rollers.

Since the roller is intended to resist to stalling (the load applied to the product of the armature is perpendicular to the plane passing through the axis of the wire and the axis of symmetry of the armature), it is necessary to estimate the maximum breaking load across the fibers of fiberglass plastic. Critical mechanical load that causes stalling is the lowest value of the load applied to the product of the armature or the connection of wires, causing their destruction, deformation or other irreversible changes. Product performance is determined by the safety factor of the mechanical strength (the ratio of the destructive load to the permissible load) [1].

At the same time, the main parameters to be determined by the composite rollers are defined:

- they should ensure the possibility of free movement of the mating products relative to each other and exclude the possibility of their spontaneous disengagement under operating conditions;
- parameters regarding accidental shearing must comply with the requirements of OST 1.90148–74 [7];
- rollers must be made of an anti-corrosion material or have a corrosion-resistant coating;
- for armature products that do not subject to the load from wires, the load that causes a shearing and a stall must be at least three times the permissible value;

- the service life of the armature products with a fitting product made of corrosion-resistant material must be of 50 years.

To accomplish the task, the tensile/compression stand «Universal Testing Machine Testometric FS100 AT» (maximum load 100 kN) was used. The stand was installed in the testing center of railway technics of Ural State University of Railway Transport. The Center



Pic. 4. Samples of composite rollers after testing.



Pic. 5. Appearances of the composite roller KS-S-084.

is one of the leading testing centers in the Urals region, where a wide range of scientific research is being conducted, including research on the properties of polymer composites and products made of them.

Three samples of composite rollers manufactured at the research and production enterprise Elektromash (Yekaterinburg) were provided for testing. The rollers are rods of diameter $d = 19$ mm, length $l = 70$ mm, having a head on one side, and on the other a hole for the cotter pin, i. e. the appearance completely repeats the design of the traditional roller KS-084.

Failure tests were carried out under normal climatic conditions and in accordance with the requirements of [7, 8]. Pic. 2 shows a single-shear test scheme. The sample is inserted into the technological hole of blades, without interference, the gap between the specimen and blades is not more than 0, 1 mm. The speed of movement of blades does not exceed 10 mm/min during the working stroke of the testing machine. The tests for each sample were identical, during the experiments the loading diagrams shown in Pic. 3 were recorded.

Using the formula (1) [7], the shear resistance for 19×70 composite rollers was determined:

$$\tau_{sh} = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2} \quad (1)$$

The resistance is $\tau_{sh} = 50$ kgf/mm².

Proceeding from [9], for the structural steel St3kp2, of which the metal rollers KS-084 are made, with the diameter of the rod up to 20 mm, the shear resistance is 24 kgf/mm², for St3ps2 – 25 kgf/mm². It can be seen that the calculated shear resistance for steel is half that of composite rollers.

Pic. 4 shows samples of rollers that have been tested. On the surface of the samples, at the point where the load is applied, there are marks from the blades, but the damage obtained did not reduce the mechanical strength of the rollers. They were used in further mechanical testing of polymer support structures designed for overhead contact network in devices for electrification and power supply of railways.

To ensure a service life of up to 50 years composite rods are used, in which a UV stabilizer is added during production, and dielectric enamel is applied to the surface. This enamel has a high resistance to ultraviolet radiation, thermal aging, abrasion, prevents penetration of moisture, and has resistance to temperature changes.

Pic. 5 shows a sample of a composite roller ready for use.

Conclusions. According to the theoretical studies, the permissible normative load on the wire fastening unit (when using the AS-70 wire in the conditions of the third level of wind and ice conditions) is 1738 N [10], taking into account the safety factor $k_s = 3$, the breaking load should be at least 5214 N.

From the experimental studies it was determined that the breaking mechanical load of 19×70

composite rollers exceeds 100 kN, which is 95 % more than the normative allowable value.

Thus, the composite rollers meet the requirements [1, 7] regarding stall and can be used in the fittings of the contact network.

REFERENCES

1. OST 32.204–2002. Armature of the contact network of electrified railways. General specifications [OST 32.204–2002. *Armatura kontaktnoi seti elektrifitsirovannyh zheleznnyh dorog. Obshchie tehnikheskie usloviya*]. Moscow, Ministry of Railways of Russia, 2003, 44 p.
2. Analytical review of the manufacturers of the armatures for self-supporting insulated wire, presented in the Russian market [*Analiticheskiy obzor proizvoditelei armatury dlya samonesushchego izolirovannogo provoda, predstavlennoy na rossiskom rynke*]. Kabel-news, 2007, Iss. 11. [Electronic resource]: http://www.kabel-news.ru/issue/announces_18.html. Last accessed 05.06.2018.
3. Console of RZD contact network [Konsol' kontaktnoi seti RZD]. [Electronic resource]: <http://www.nccrussia.com/ru/products/220-konsol-kontaktnoj-seti-rzhd.html>. Last accessed 05.06.2018.
4. Nanotechnologies in railway transport: catalog [*Nanotehnologii na zheleznodorozhnom transporte: katalog*]. Rusnano «Railway branch», JSC RZD. [Electronic resource]: http://www.rusnano.com/upload/images/download/ROSNANO_RZD_brochure.pdf. Last accessed 05.06.2018.
5. Kochunov, Yu. A., Grekhov, A. O. Modern support structures [*Sovremennyye podderzhivayushchie konstruktsii*]. Innovative transport-2016: specialization of railways / Proceedings of International scientific-technical conference, dedicated to the 60th anniversary of the foundation of USURT. Yekaterinburg: Publishing house of USURT, 2017, pp. 67–73.
6. Lukyanov, A. M., Chepelev, Yu. G., Bardin, A. N. Development of polymer consoles. *World of Transport and Transportation*, Vol. 14, 2016, Iss. 3, pp. 60–71.
7. OST 1.90148–74. Metals. Shear test method [OST 1.90148–74. *Metally. Metod ispytaniya na srez*]. Moscow, 1974, 8 p.
8. GOST 15150–2013. Machines, devices and other technical products. Versions for different climatic regions. Categories, operating conditions, storage and transportation in terms of the impact of climatic factors of the environment [GOST 15150–2013. *Mashiny, pribory i drugie tehnikheskie izdeliya. Ispolneniya dlya razlichnykh klimaticheskikh rainov. Kategorii, usloviya ekspluatatsii, hraneniya i transportirovaniya v chasti vozdeystviya klimaticheskikh faktorov vneshnei sredy*]. Moscow, Standardinform publ., 2013, 76 p.
9. GOST 535–2005. Rolled high-quality and shaped of carbon of ordinary quality. General specifications [GOST 535–2005. *Prokat sortovoi i fazonnyy iz stali uglerodisty obyknovennogo kachestva. Obshchie tehnikheskie usloviya*]. Moscow, Standardinform publ., 2005, 12 p.
10. Kochunov, Yu. A., Paranin, A. V., Ivanov, N. L., Egorov, D. V. Mechanical parameters of KPVLТ bracket [*Mehanicheskie parametry kronshteina KPVLТ*]. *Transport Urala*, 2017, Iss. 4, pp. 76–81. ●

Information about the authors:

Kochunov, Yuri A. – Ph.D. (Eng), associate professor of the department of Power supply of transport of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia, yukochunov@mail.ru.

Ivanov, Nikolay L. – Ph.D. (Eng), head of the testing center of railway technics of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia, icts@bk.ru.

Duplyakin, Maxim K. – engineer of the testing center of railway technics of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia, mkduplyakin@gmail.com.

Article received 13.04.2018, revised 05.06.2018, accepted 09.06.2018.