

В. А. ДЬЯКОВ, Л. Ю. ЖИРОВА, М. Н. ПЕРЕВЕРТЕНЬ, В. Н. ШАТЫЛО (ДНУЖТ)

Кафедра Электроснабжения железных дорог, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел.: (056) 793-19-11, эл. почта: [dva-44@i.ua](mailto:dva-44@i.ua)

## ОСОБЕННОСТИ ТОКОСЪЕМА МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ

### Введение

Под токосъемом понимается процесс передачи электрической энергии от линии электропередачи (контактная сеть) потребителю (электрооборудование электроподвижного состава). На электрифицированных железных дорогах токосъем осуществляется контактным способом от контактного провода контактной подвески токоприемнику электроподвижного состава (ЭПС). Надежность токосъема определяется отсутствием повреждений контактной сети и оборудования ЭПС, которые могут привести к задержке поездов и, как следствие, к большим материальным потерям.

При взаимодействии токоприемников ЭПС с контактной подвеской должен обеспечиваться надежный и экономичный токосъем (минимизация износа контактного провода и токосъемных элементов токоприемников) с обеспечением экологических требований (радио- и тепломехи, шумовые воздействия, засорение почвы).

Для реализации этих требований при увеличении скоростей движения ЭПС возникла необходимость совершенствования конструкции контактных подвесок и токоприемников ЭПС.

Во второй половине прошлого века при электрификации железных дорог Украины на переменном токе на перегонах была смонтирована компенсированная контактная подвеска, рассчитанная для реализации скоростей ЭПС до 160 км/час. Однако до последнего времени экспериментально проверить надежность токосъема при скоростях движения до 160 км/час не представлялось возможности, так как на электрифицированных железных дорогах Украины эксплуатировался ЭПС при скоростях, как правило, не более 120 км/час. И только в 2012 году на стальных магистралях Украины появились электропоезда способные развивать скорость до 160 км/час. В этой связи при взаимодействии токоприемников ЭПС и контактной подвески появились проблемы, на которые необходимо обратить особое внимание.

### Описание и анализ существующих проблем

Проблемы, которых раньше не существовало из-за более низкой скорости движения ЭПС и наличия пружинного рессорного подвешивания кузовов вагонов подвижного состава (рис. 1) привели к повреждениям контактной сети и токоприемников ЭПС. Современный ЭПС, способный развивать скорость 160 км/час и более, имеет пневматические рессоры, на которые подвешен кузов вагона (рис. 2).

При входе и выходе ЭПС с прямого участка пути на кривой (особенно малого радиуса) оси тележек и кузова вагона ЭПС, на котором закреплен токоприемник, могут не совпадать из-за большой инерции баллонов пневматических рессор, что может привести к сходу контактного провода с рабочей части токоприемника [1, 2, 3].

Эту проблему можно было бы решить используя способ закрепления токоприемника с помощью специальной стойки, которая жестко опирается на ненаклонные балки тележки. Такое закрепление токоприемника используется на электропоезде двойного питания Allegro, который эксплуатируется на участке Хельсинки (Финляндия) – Санкт - Петербург (Российская Федерация).



Рис. 1. Подвешивание кузова вагона на пружинных рессорах



Рис. 2. Подвешивание кузова вагона на пневматических рессорах

В ближайшей перспективе скорости ЭПС на железных дорогах Украины могут возрасти и до 200 км/час. В этой связи предстоит модернизация контактной сети, которая уже предусмотрена Главным управлением электрификации и электроснабжения Укрзалізничці [4]. В 2012 году введена в действие «Програма модернізації пристроїв електропостачання на 2012 – 2016 роки», в которой предусмотрены мероприятия по реконструкции, обновлению и модернизации устройств электроснабжения. Особенно актуальным является модернизация и капитальный ремонт контактной сети на участках с перспективным повышением скорости движения ЭПС. В этой связи речь идет о приведении

в соответствии международным требованиям параметров контактной сети.

В общих технических требованиях к системе тягового электроснабжения постоянного и переменного тока скоростных и высокоскоростных линий, разработанных совещанием экспертов V Комиссии Организации сотрудничества железных дорог (ОСЖД) в 2000 году и в рекомендациях по геометрическим, динамическим и электромеханическим параметрам контактной сети, токоприемников и токосъемных элементов для скоростного и высокоскоростного электроподвижного состава транспортных коридоров, разработанных экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу в 2004 году приведены рекомендуемые параметры контактной сети для скоростного движения. Основные из этих параметров приведены в табл. 1.

В этой связи можно сделать вывод, что с увеличением скорости движения ЭПС для обеспечения надежного токосъема необходимо выравнивать жесткость (эластичность) контактной подвески в пролете. Однако расчеты, проведенные для типовых контактных подвесок постоянного и переменного токов, эксплуатируемых на территории Украины, показали несоответствие требованиям нормативных документов коэффициента неравномерности эластичности для скоростей до 160 км/час (табл. 2).

Таблица 1

Параметры контактной сети	до 160 км/час	до 200 км/час	до 250 км/час	до 300 км/час
Номинальное натяжение, кН: а) контактного провода; б) несущего троса в) рессорного троса	10,0	12,0	15,0	15,0
	16,0	18,0	20,0	20,0
	2,5...3,0	3,0...4,0	3,5...4,0	3,5...4,0
Максимальная длина пролета, м	70,0	65,0	60,0	60,0
Наибольшая длина анкерного участка, м	1500	1400	1300	1200
Коэффициент неравномерности эластичности (не более)	1,3	1,2	1,15	1,1

Таблица 2

Тип контактной подвески	$t, ^\circ C$	$\eta_{max},$ мм/даН	$\eta_{min},$ мм/даН	$K_{II}$
Полукомпенсированная ПБСМ – 95 + МФ – 100	-30	— 11,5	— 4,45	— 2,55
	+50	8,5 7,9	3,4 3,35	2,5 2,35
Компенсированная ПБСМ – 95 + МФ – 100	-30	10,5 9,1	4,2 3,9	2,5 2,33
	+50	8,1 7,1	3,25 3,1	2,49 2,29
Полукомпенсированная М – 120 + 2МФ – 100	-30	— 4,879	— 2,903	— 1,68
	+50	7,156 7,156	4,584 4,556	1,56 1,57

© Дьяков В. А. и др., 2014

Тип контактной подвески	$t, ^\circ C$	$\eta_{\max},$ мм/даН	$\eta_{\min},$ мм/даН	$K_n$
Компенсированная М – 120 + 2МФ – 100	-30	<u>4,658</u> 4,658	<u>2,72</u> 2,688	<u>1,712</u> 1,733
	+50	<u>6,06</u> 6,06	<u>3,503</u> 3,433	<u>1,73</u> 1,765
Компенсированная Бр – 120 + БрФ – 120	-30	<u>4,7</u> 4,7	<u>3,80</u> 3,65	<u>1,236</u> 1,287
	+50	<u>4,60</u> 4,55	<u>3,9</u> 3,6	<u>1,179</u> 1,26
Компенсированная Бр – 120 + 2БрФ – 120	-30	<u>3,063</u> 3,063	<u>2,53</u> 2,53	<u>1,211</u> 1,211
	+50	<u>3,396</u> 3,396	<u>2,803</u> 2,803	<u>1,212</u> 1,212

Примечания:

1. В числителе приведены значения  $\eta$  (эластичности) и  $K_n$  (коэффициента неравномерности эластичности) с учетом разгрузки струн, в знаменателе – без учета разгрузки струн.
2. Разгрузка струн учитывалась при контактном нажатии токоприемника  $P = 20$  даН (переменный ток) и  $P = 25$  даН (постоянный ток).

Для компенсированных проводов их натяжения на основании требований нормативных документов [5] определялось с учетом реакций струн, консолей, фиксаторов. Расчет эластичности полукомпенсированных контактных подвесок с учетом разгрузки струн производилась только при положительных стрелах провеса.

Изменение натяжения компенсированных проводов в анкерном участке в зависимости от температуры обусловлено реакцией струн, фиксаторов, консолей (рис. 3).

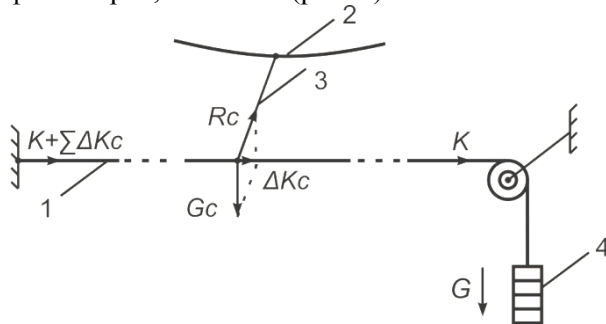


Рис. 3. Схема влияния наклона струны на натяжение компенсированного контактного провода:

- 1 – контактный провод; 2 – несущий трос;
- 3 – наклонная струна ( $t < t_m$ ); 4 – компенсатор;
- $\Delta K_c$  – реакция струны;  $G_c$  – вертикальная нагрузка на струну;  $G$  – вес грузов компенсатора;  $R_c$  – усилие в струне;  $t_m$  – температура монтажа (регулировки);  $K$  – номинальное натяжение контактного провода

Изменение натяжения компенсированных проводов в анкерном участке не должно превышать при скорости до 160 км/час для контактных проводов  $\pm 15\%$  (рис. 4), а для несущих тросов  $\pm 10\%$  номинального их натяжения, создаваемого компенсаторами (для скоростей до 200 км/час  $\pm 5\%$  для компенсированных контактных проводов и несущих тросов).

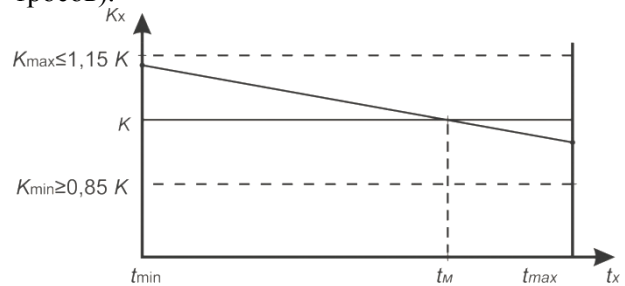


Рис. 4. Зависимость натяжения компенсированного контактного провода от температуры у средней анкеровки:  $t_m$  – температура, при которой струны располагались вертикально

Расчетная схема для определения эластичности контактной подвески постоянного тока приведена на рис. 5 (а), а переменного тока – на рис. 6 (а). Эпюры эластичности контактных подвесок постоянного и переменного токов приведены соответственно на рис. 5 (б) и 6 (б).

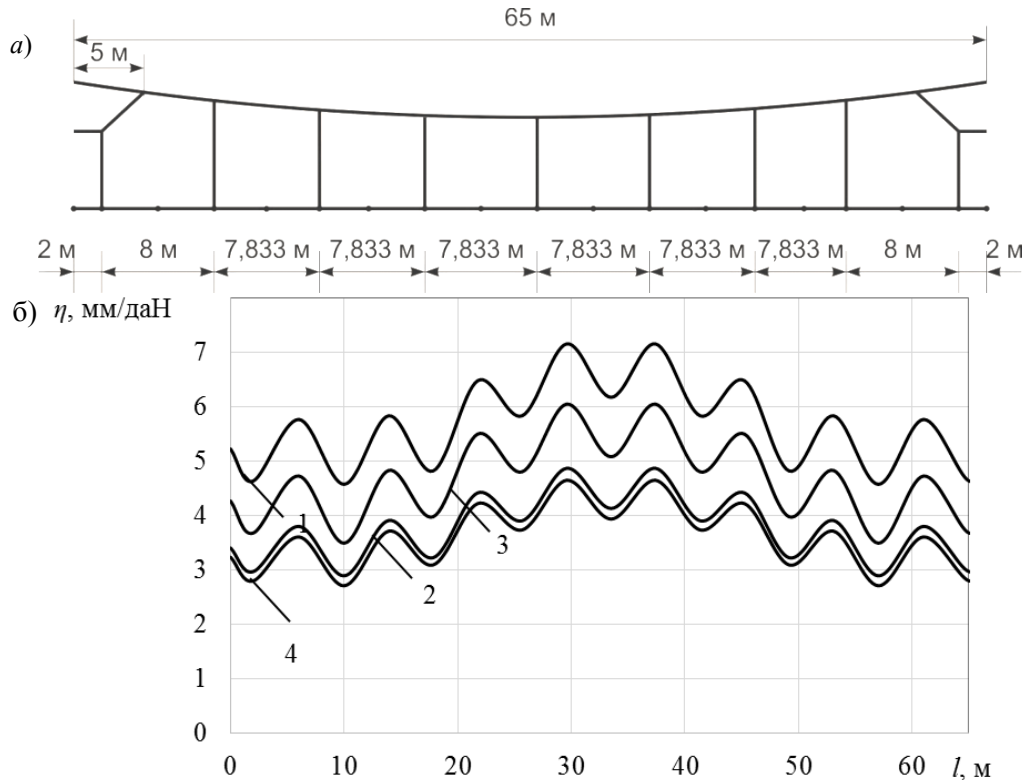


Рис. 5. Расчетная схема для контактной подвески постоянного тока М-120+2МФ-100 (а), эпюра эластичности в расчетном пролете с учетом разгрузки струн (б):  
 1 – полукомпенсированная подвеска при максимальной температуре, 2 – полукомпенсированная подвеска при минимальной температуре; 3 – компенсированная подвеска при максимальной температуре; 4 – компенсированная подвеска при минимальной температуре

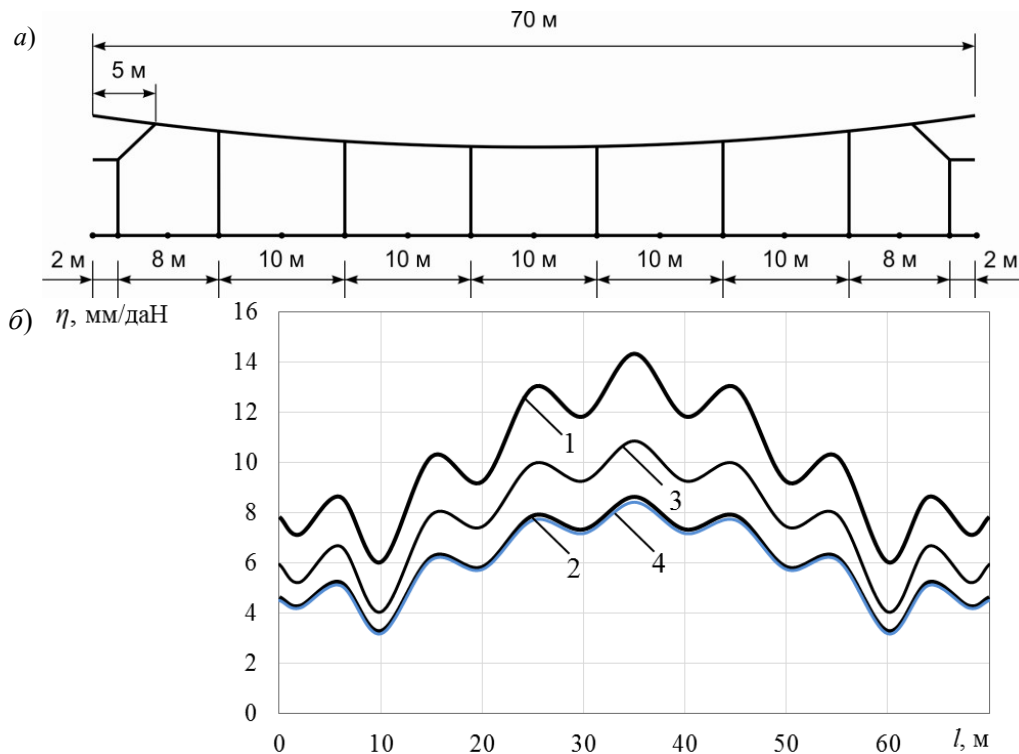


Рис. 6. Расчетная схема для контактной подвески переменного тока ПБСМ-95+МФ-100 (а), эпюра эластичности в расчетном пролете с учетом разгрузки струн (б):  
 1 – полукомпенсированная подвеска при максимальной температуре, 2 – полукомпенсированная подвеска при минимальной температуре; 3 – компенсированная подвеска при максимальной температуре; 4 – компенсированная подвеска при минимальной температуре

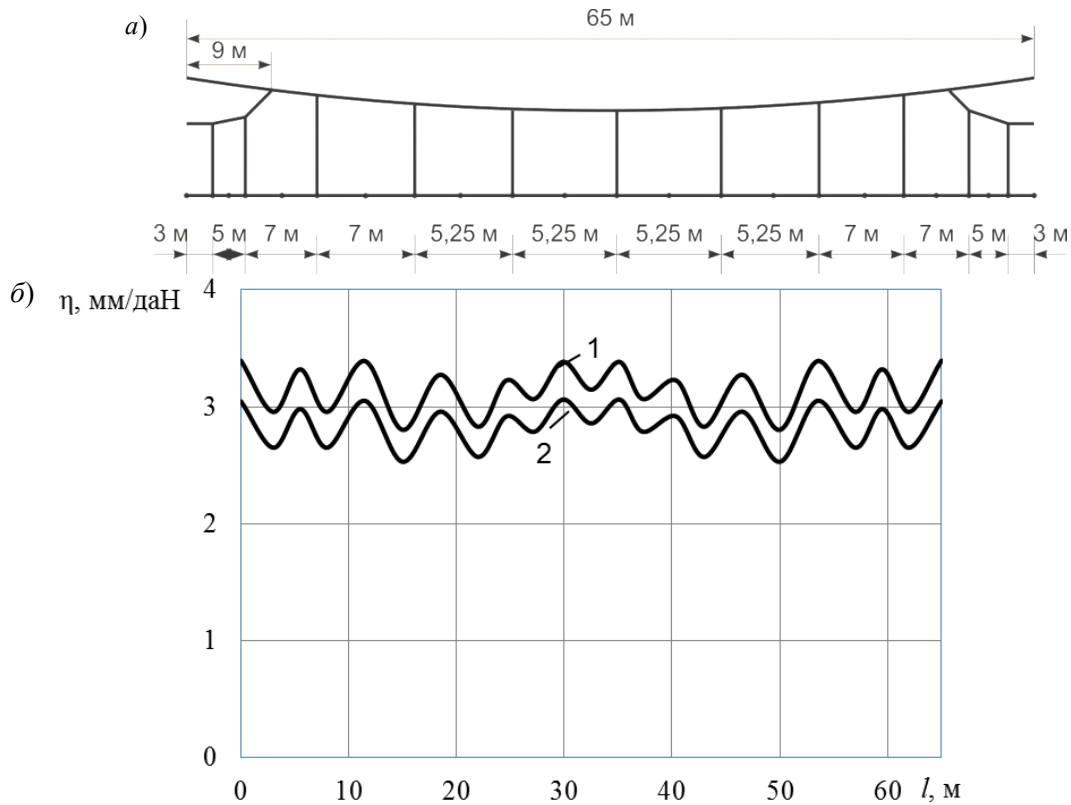


Рис. 7. Расчетная схема для контактной подвески постоянного тока Бр-120+2БрФ-120 (а), эпюра эластичности в расчетном пролете с учетом разгрузки струн (б): 1 – при максимальной температуре, 2 – при минимальной температуре

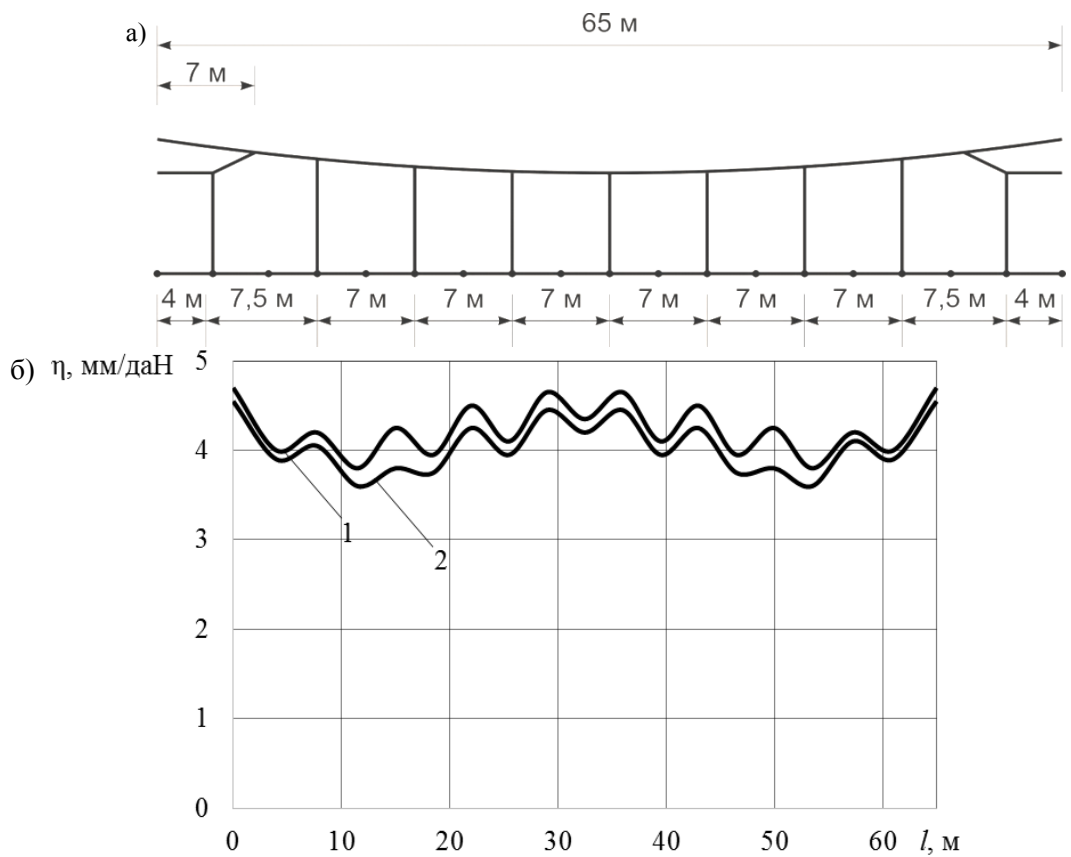


Рис. 8. Расчетная схема контактной подвески переменного тока Бр-120+2БрФ-120 (а), эпюра эластичности в расчетном пролете с учетом разгрузки струн (б): 1 – при максимальной температуре, 2 – при минимальной температуре

## Выводы

Для предотвращения повреждений контактной сети и токоприемников диагностирование динамических и геометрических параметров контактной сети необходимо производить с помощью вагон-лабораторий контактной сети (ВИКС), способных развивать скорость 160 км/час и более. Кроме того, ВИКС должен иметь подвешивание кузова на рессорах, которые используются у современных ЭПС.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Grajnert J.. Podstawy teoretyczno – doświadczalne projectowania zawieszen pneumatycznych. – Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 1996. – 180 p.
2. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: ВНИИВ-ВНИИЖТ, 1983. – 261 с.
3. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
4. Максимчук В.Ф. Стратегічні задачі та пріоритети розвитку господарства електрифікації та електропостачання / В.Ф. Максимчук// Електрифікація транспорту – 2013. - № 5. – с.99 - 105.
5. Справочник по электроснабжению железных дорог. Т.2 / под. ред. К.Г. Марквардта. – М.: Транспорт, 1981. – 392 с.
6. ВБН В.2.3-2-2009 Споруди транспорту. Електрифікація залізниць. Норми проектування. К.: 2009. – 143 с.

Поступила в печать 28.05.2014.

Внутренний рецензент *Гетьман Г. К.*

Для обеспечения надежного токосъема при увеличении скоростей движения ЭПС до 200 км/час и более необходимо изменять конструктивные параметры контактной подвески и увеличивать натяжение контактных проводов и несущих тросов, заменяя медные провода на бронзовые.

Ключевые слова: межрегиональные электропоезда, пружинные и пневматические рессоры, токоприемник, контактная подвеска, токосъем, коэффициент неравномерности эластичности.

## REFERENCES

1. Grajnert J. Podstawy teoretyczno – doświadczalne projectowania zawieszen pneumatycznych. – Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 1996.–180p.
2. *Normy dlya rascheta i proyektirovaniya novykh i moderniziruyemykh vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamokhodnykh)* [Norms for calculation and design of new and upgraded railway wagons IPU 1520 mm gauge (non-self)]. – М.: VNIIV-VNIIZHT, 1983. – 261 p.
3. *Normy dlya rascheta i proyektirovaniya vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamokhodnykh)* [Norms for calculation and design of railway wagons IPU 1520 mm gauge (non-self)]. – М.: GosNIIV-VNIIZHT, 1996. – 319 p.
4. *Maksimchuk V.F. Strategichni zadachi ta prioriteti rozvitku gospodarstva yelektrifikatsii ta yelektrypostachannya* [Maximchuk VF Strategic objectives and development priorities direction electrification and power supply] / V.F. Maksimchuk// *Elektrifikatsiya transportu – 2013. - № 5. – p.99 - 105.*
5. *Spravochnik po elektrosnabzheniyu zheleznykh dorog* [Reference supply railways. V.2]. Т.2 / pod. red. K.G. Markvardta. – М.: Transport, 1981. – 392 p.
6. *VBN V.2.3-2-2009 Sporudi transportu. Yelektrifikatsiya zaliznits'. Normi proyektuvannya* [VBI B.2.3-2-2009 Constructions of transport. Electrification of railways. Design standards]. К.: 2009. – 143 p.

Внешний рецензент *Панасенко Н. В.*

При увеличении скорости ЭПС на железных дорогах Украины возникла необходимость совершенствования конструкции контактных подвесок и токоприемников. Появление на стальных магистралях электропоездов, способных развивать скорость до 160 км/час, выявило проблемы при токосъеме, которых раньше не существовало из-за более низкой скорости ЭПС. Оказалось, что смонтированная еще в начале 60-х годов компенсированная контактная подвеска, рассчитанная на скорость до 160 км/час, не в состоянии обеспечить надежный токосъем, так как экспериментально проверить ее технические характеристики не удавалось из-за более низкой скорости ЭПС.

В статье рассмотрены некоторые особенности токосъема у межрегиональных электропоездов и приведен анализ изменения коэффициента неравномерности эластичности типовых контактных подвесок, эксплуатируемых в Украине, от температуры окружающей среды. Показано, что при модернизации контактной сети под скоростное движение необходимо изменять конструктивные параметры контактных подвесок и для выравнивания эластичности контактной подвески в пролете заменять медные контактные провода и несущие тросы на бронзовые, имеющие более высокую механическую прочность.

**Ключевые слова:** межрегиональные электропоезда, пружинные и пневматические рессоры, токоприемник, контактная подвеска, токосъем, коэффициент неравномерности эластичности.

© Дьяков В. А. и др., 2014

УДК 621.336.2

В. О. ДЬЯКОВ, Л. Ю. ЖИРОВА, М. М. ПЕРЕВЕРТЕНЬ, В. М. ШАТИЛО (ДНУЗТ)

Кафедра Електропостачання залізниць, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. (056) 793-19-11, ел. пошта: [dva-44@i.ua](mailto:dva-44@i.ua)

## ОСОБЛИВОСТІ СТРУМОЗНІМАННЯ МІЖРЕГІОНАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ

Змонтована ще на початку 60-х років компенсована контактна підвіска, що розрахована на швидкість до 160 км/год, не в змозі забезпечити надійне струмознімання, так як експериментально перевірити її технічні характеристики не вдалось через більш низькі швидкості ЕРС. Виявилось, що змонтована ще на початку 60-х років компенсована контактна підвіска, що розрахована на швидкість до 160 км/год, не в змозі забезпечити надійне струмознімання, так як експериментально перевірити її технічні характеристики не вдалось через більш низькі швидкості ЕРС.

В статті розглянуті деякі особливості струмознімання і приведений аналіз зміни коефіцієнту нерівномірності еластичності типових контактних підвісок, які експлуатуються в Україні, від температури навколишнього середовища. Показано, що при модернізації контактної мережі для швидкісного руху необхідно змінювати конструктивні параметри контактних підвісок і для вирівнювання еластичності контактних підвісок в прольоті замінити мідні контактні проводи і несучі трости на бронзові, що володіють більш високою механічною міцністю.

**Ключові слова:** міжрегіональні електропоїзда, пружинні та пневматичні ресори, струмоприймач, контактна підвіска, струмознімання, коефіцієнт нерівномірності еластичності.

Внутрішній рецензент *Гетьман Г. К.*

Зовнішній рецензент *Панасенко М. В.*

UDC 621.336.2

V. A. DYAKOV, L.Y. ZHYROVA, M. N. PEREVERTEN, V. N. SHATYLO (DNURT)

Department of railway power supply, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryana str. Lazaryan, 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, Tel. (056) 793-19-11, e-mail: [dva-44@i.ua](mailto:dva-44@i.ua)

## FEATURES CURRENT COLLECTION INTERREGIONAL ELECTRIC TRAIN

By increasing, the speed of CSE on the railways of Ukraine became necessary to improve the design of overhead lines and current collectors. Appearance on steel mains electric, capable of speeds up to 160 km / h, revealed problems with current collector, which previously did not exist because of the lower rate of CSE. It turned out that mounted in the early 60s compensated catenary, designed for speeds up to 160 km / h, is unable to provide reliable current collection, as experimentally verify its specifications could not be due to the lower rate of EPS.

The article describes some of the features in the current collection of interregional trains and provides an analysis of changes in the elasticity coefficient of irregularity typical overhead lines operating in Ukraine, on the ambient temperature. It is shown that the modernization of the contact network for high-speed trains need to change the design parameters of catenary and elasticity to align the catenary in the span to replace copper contact wires and cables carrying on bronze, having a high mechanical strength.

**Keywords:** interregional train, spring and air suspension, pantograph, catenary, current collector, irregularity factor elasticity.

Internal reviewer *Getman G. K.*

External reviewer *Panasenko M. V.*