

**ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ
ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
РЕЛЬСОВЫХ ЭКИПАЖЕЙ В SIMRACK RAIL
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ
КОЛЕБАНИЙ ЛОКОМОТИВОВ**

**СУХОПУТНАЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНАЯ
ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА
ПРИПОЛЯРНЫХ ОБЛАСТЕЙ РОССИИ**

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РИДЕРОВ
И РАДИОМЕТОК В СИСТЕМЕ
ПРИВЯЗКИ К ПУТИ
ПОЕЗДОВ МЕТРОПОЛИТЕНА**

**АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ
И ПАРАМЕТРОВ ПОЛУВАГОНОВ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ТЯЖЕЛОВЕСНОГО
ДВИЖЕНИЯ**

**ВЛИЯНИЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ
НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ
ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ УЧАСТКОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА
И НА РАСХОД ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ**



МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

1. Александр Галкин, д-р техн. наук, профессор, главный редактор журнала «Транспорт Урала», Екатеринбург, Россия
2. Александер Сладковски, д-р техн. наук, профессор, Силезский технический университет, Польша
3. Эдуард Горкунов, д-р техн. наук, профессор, академик РАН, Екатеринбург, Россия
4. Аксель Шмидер, д-р, «Сименс АГ», отраслевой сектор, департамент транспорта «Железнодорожное строительство», Эрланген, Германия
5. Эрки Хамалайнен, д-р экон. наук, университет Аалто, Школа экономики, Финляндия
6. Валерий Доманский, д-р техн. наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, Украина

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

1. Александров Александр Эрнстович, д-р техн. наук, доцент, научный редактор, Екатеринбург
2. Булаев Владимир Григорьевич, д-р техн. наук, доцент, Екатеринбург
3. Галиев Ильхам Исламович, д-р техн. наук, профессор, Омск
4. Козлов Петр Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, Москва
5. Комаров Константин Леонидович, д-р техн. наук, профессор, Новосибирск
6. Лапшин Василий Федорович, д-р техн. наук, профессор, Екатеринбург
7. Ларин Олег Николаевич, д-р техн. наук, профессор, Москва
8. Ледяев Александр Петрович, д-р техн. наук, профессор, Санкт-Петербург
9. Румянцев Сергей Алексеевич, д-р техн. наук, с.н.с., Екатеринбург
10. Сай Василий Михайлович, д-р техн. наук, профессор, зам. главного редактора, Екатеринбург
11. Смольянинов Александр Васильевич, д-р техн. наук, профессор, Екатеринбург
12. Туранов Халибулла Туранович, д-р техн. наук, профессор, Екатеринбург
13. Умняшкин Владимир Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, Ижевск
14. Хоменко Андрей Павлович, д-р техн. наук, профессор, Иркутск
15. Шароглазов Борис Александрович, д-р техн. наук, профессор, Челябинск

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

1. Alexander Galkin, DSc, professor, editor-in-chief of the journal "Transport of the Urals", Ekaterinburg, Russia
2. Alexander Sladkowski, professor, Silesian University of Technology, Poland
3. Eduard Gorkunov, DSc, professor, academician of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia
4. Axel Schmieder, DSc, Siemens AG, Industry Sector, Mobility Division, Transportation Engineering, Erlangen, Germany
5. Erkki Hamalainen, DSc, Aalto University School of Economics, Finland
6. Valeriy Domansky, DSc, professor of National technical University "Kharkiv politechnical institute", Kharkiv, Ukraine

EDITORIAL BOARD

1. Alexandrov Alexander Ernstovich, DSc, associate professor, science editor, Ekaterinburg
2. Bulaev Vladimir Grigorievich, DSc, associate professor, Ekaterinburg
3. Galiev Ilkham Islamovich, DSc, professor, Omsk
4. Kozlov Petr Alexeyevich, DSc, professor, Moscow
5. Komarov Konstantin leonidovich, DSc, professor, Novosibirsk
6. Lapshin Vasily Fedorovich, DSc, professor, Ekaterinburg
7. Larin Oleg Nikolayevich, DSc, professor, Moscow
8. Ledyaev Alexander Petrovich, DSc, professor, Saint-Petersburg
9. Rumyantsev Sergey Alexeyevich, DSc, senior staff scientist, Ekaterinburg
10. Say Vasily Mikhaylovich, DSc, professor, deputy editor-in-chief, Ekaterinburg
11. Smolyaninov Alexander Vasiliyevich, DSc, professor, Ekaterinburg
12. Turanov Khabibulla Turanovich, DSc, professor, Ekaterinburg
13. Umnyashkin Vladimir Alexeyevich, DSc, professor, Izhevsk
14. Khomenko Andrey Pavlovich, DSc, professor, Irkutsk
15. Sharoglazov Boris Alexandrovich, DSc in Engineering, professor, Chelyabinsk

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТРАНСПОРТА

Е. В. Сердобинцев, А. Э. Тарасов.
Верификация пространственных динамических моделей рельсовых экипажей в SIMPACK Rail при исследовании горизонтальных колебаний локомотивов.....3

А. И. Давыдов, М. М. Никифоров.
Алгоритм анализа данных об использовании энергоресурсов на тягу поездов на уровне локомотивных депо при проведении энергообследования ОАО «Российские железные дороги».....10

Г. Л. Аккерман, П. И. Тарасов, С. Г. Аккерман, О. В. Голубев, И. В. Полещук.
Сухопутная мультимодальная транспортная система приполярных областей России15

АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ

А. М. Костроминов, Ал-р А. Костроминов, О. Н. Тюляндин.
Повышение надежности взаимодействия ридеров и радиометок в системе привязки к пути поездов метрополитена21

ВАГОНЫ И ВАГОННОЕ ХОЗЯЙСТВО

А. В. Смольянинов.
Анализ конструкций и параметров полувагонов, используемых для тяжеловесного движения26

Д. А. Банников, А. Г. Галкин, Н. Ф. Сирина.
Алгоритм расчета организации сервисного технического обслуживания и ремонта пассажирского подвижного состава.....31

ГРУЗОВЫЕ И ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ

А. Э. Александров, Е. Н. Тимухина, И. А. Ковалев.
Оптимизационная модель перевозочного процесса с использованием кольцевых маршрутов.....36

Н. Н. Романов, М. Г. Яшин, Р. А. Пантелеев.
Оценка пропускной способности железнодорожных направлений с использованием экспериментальной факторной математической модели40

Е. Н. Ахмаев, С. А. Бессоненко, В. В. Борисов, К. И. Корниенко.
Исследование движения отцепа в сортировочном парке.....49

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

В. Г. Булаев.
Природоохранная служба как инструмент экологической безопасности железнодорожного предприятия54

ПУТЬ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Т. А. Лунина, С. А. Давыдов.
Алгоритм оценки ремонта и эксплуатации путевых машинных комплексов на основе мониторинга ключевых показателей эффективности.....60

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТЯГА

В. Л. Незевак.
Оценка изменения объема электропотребления на тягу от графика движения поездов на участках с I типом профиля пути на основе регрессионных моделей и нейронных сетей65

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Б. А. Аржанников, И. А. Баева.
Влияние регулирования напряжения на пропускную способность электрифицированных участков постоянного тока и на расход электрической энергии на тягу поездов71

Ю. А. Кочунов, А. В. Паранин, Н. Л. Иванов, Д. В. Егоров.
Механические параметры кронштейна КПВЛТ76

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ И ТЯГА

И. В. Кондратьев, В. А. Сисин.
Исследование процессов управления торможением электроподвижного состава с дисковыми тормозами82

GENERAL TRANSPORT PROBLEMS

E. V. Serdobintsev, A. E. Tarasov.
Verification of spatial dynamic models of railway vehicles in SIMPACK Rail in the study of horizontal oscillations of locomotives 3

A. I. Davydov, M. M. Nikiforov.
Algorithm for the analysis of data on the use of energy resources for train traction at the level of locomotive depots during the energy survey of JSC Russian Railways..... 10

G. L. Akkerman, P. I. Tarasov, S. G. Akkerman, O. V. Golubev, I. V. Poleschuk.
The land multimodal transport system of the circumpolar regions of Russia 15

AUTOMATION, TELEMECHANICS AND COMMUNICATION

A. M. Kostrominov, Al-r A. Kostrominov, O. N. Tyulyandin.
Improving the reliability of the interaction of readers and radio tags in the system of binding to the track of metro trains..... 21

RAILWAY CARS AND CARRIAGE EQUIPMENT

A. V. Smolyaninov.
Analysis of structures and parameters of open wagons used for heavy traffic 26

D. A. Bannikov, A. G. Galkin, N. F. Sirina.
Calculation algorithm of organization of service technical maintenance and repair of passenger rolling stock 31

CARGO AND PASSENGER TRANSPORTATION

A. E. Alexandrov, E. N. Timukhina, I. A. Kovalev.
Optimization model of the transportation process with the use of unit trains 36

N. N. Romanov, M. G. Yashin, R. A. Pantelev.
Assessment of capacity of the railway directions with use of experimental factorial mathematical model 40

E. N. Akhmaev, S. A. Bessonenko, V. V. Borisov, K. I. Kornienko.
Investigation of car movement in a sorting park..... 49

TECHNOSPHERIC SAFETY

V. G. Bulaev.
Environmental service as an instrument of environmental safety of the railway enterprise 54

RAILWAY CONSTRUCTION AND RAILWAY TRACK

T. A. Lunina, S. A. Davydov.
Algorithm for evaluation of repair and operation of track machine complexes based on monitoring of key performance indicators..... 60

ELECTRIC TRACTION

V. L. Nezevak.
Assessment of changes in the volume of electricity consumption for traction from the train schedule on sections with the first type of path profile based regression models and neural networks..... 65

ELECTRIC SUPPLY

B. A. Arzhannikov, I. A. Baeva.
The effect of voltage regulation on capacity of electrified DC sections and on the consumption of electric energy on the traction of trains 71

Yu. A. Kochunov, A. V. Paranin, N. L. Ivanov, D. V. Egorov.
Mechanical parameters of the polymer bracket KPVLT..... 76

ROLLING STOCK AND TRACTION

I. V. Kondratyev, V. A. Sisin.
The research of braking controlling processes of electric rolling stock with disc brakes 82

УДК 621.332:3(07)

Юрий Александрович Кочунов, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия,

Александр Викторович Паранин, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия,

Николай Леонидович Иванов, кандидат технических наук, руководитель испытательного центра технических средств железнодорожного транспорта (ИЦ ТСЖТ) Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия,

Дмитрий Викторович Егоров, аспирант кафедры «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия

МЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КРОНШТЕЙНА КПВЛТ

Yuriy Alexandrovich Kochunov, PhD in Engineering, Senior Lecturer, Transport Power Supply Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, Russia,

Alexander Viktorovich Paraniin, PhD in Engineering, Associate Professor, Transport Power Supply Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, Russia,

Nikolay Leonidovich Ivanov, PhD in Engineering, Head of Railway Facilities Testing Center, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, Russia,

Dmitriy Viktorovich Egorov, postgraduate student, Railway Cars Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, Russia

Mechanical parameters of the polymer bracket KPVLТ

Аннотация

В статье рассмотрены теоретические и экспериментальные исследования механических параметров и границ применимости полимерного кронштейна КПВЛТ производства «НПП «ЭЛЕКТРОМАШ» (Екатеринбург). Кронштейн КПВЛТ предназначен для поддержания и изоляции проводов воздушной линии электропередачи устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) и линии продольного электроснабжения (ПЭ) напряжением 6–10 кВ.

Ключевые слова: полимерный кронштейн, прочность, деформация, устойчивость, нагрузка, прогиб.

Summary

The theoretical and experimental studies of mechanical parameters and the limits of applicability of the KPVLТ polymer bracket produced by Scientifically-Industrial Enterprise «ELECTROMASH» (Ekaterinburg) are considered in the article. The KPVLТ bracket is designed to support and isolate the wires of the overhead transmission line of signaling, centralization and interlocking devices and longitudinal power supply line with a voltage of 6–10 kV.

Keywords: polymer bracket, strength, deformation, stability, load, deflection.

DOI: 10.20291/1815-9400-2017-4-76-81

Полимерные композитные материалы (ПКМ), а также конструкции и изделия из них находят все большее применение в сферах народного хозяйства Российской Федерации. Это обусловлено прежде всего тем, что традиционные материалы (главным образом металлы) не всегда отвечают потребностям современной инженерной практики. Например, в особо жестких условиях эксплуатации незаменимость композитов обеспечивается сочетанием таких важнейших характеристик, как высокая механическая прочность, теплостойкость, коррозионная стойкость, малая плотность. К тому же многообразие комбинаций различных исходных материалов и компонентов, а также технологий их переработки в композитные материалы и изделия практически бесконечно и ограничено только уровнем развития науки и техники. При этом используются такие преимущества композитов, как возможность «бесстружечной» обработки (литье, прессование, экструзия) с получением изделий любой формы, что существенно снижает производственные затраты. В мировой практике композиционные материалы подразделяются на полимерные, керамические, металлические, а также углерод-углеродные композиты. В настоящее время на международном и российском рынке наибольшее распространение получили полимерные композиционные материалы, которые в зависимости от типа используемого волокна делятся на угле-, стекло-, органо-, базальтопластики и т.п. Кроме того, ПКМ делятся на непрерывно-армированные (в качестве наполнителя выступают текстильные материалы на основе непрерывных волокон: нити, жгуты,

ленты, ткани, объемные плетеные формы), дискретно армированные (упрочненные дискретными — рублеными или штапельными — волокнами) и наполненные (упрочненные различного рода дисперсными частицами). В современной технике наибольший интерес представляют непрерывно-армированные ПКМ. Такие материалы, по праву относящиеся к классу конструкционных, способны обеспечить максимальную реализацию прочностных характеристик при создании уникальных изделий и конструкций нового поколения для ответственных сооружений и сложных технических систем [1].

К числу наиболее перспективных рынков ПКМ в России сегодня можно отнести строительную отрасль, нефтегазовую промышленность, железнодорожный и автомобильный транспорт, судостроение. Исторически сложилось так, что большая часть исследований и разработок по применению ПКМ на железнодорожном транспорте выполнена в Европе, Японии и Северной Америке. В России широкомасштабному внедрению композиционных материалов посвящены целевые программы [2, 3]. В настоящее время сложилась благоприятная ситуация использования ПКМ как для подвижного состава, так и для элементов верхнего строения пути и инфраструктуры, поскольку препятствий к применению неметаллических деталей и узлов постепенно становится все меньше [4, 5].

Вместе с тем, несмотря на хорошие механические характеристики, не всегда удается рассчитать конструкции из ПКМ с достаточной точностью, что обусловлено анизотропией материала. Поэтому достоверность расчетов можно подтвердить только экспериментальным путем. В статье рассмотрены результаты исследования полимерного кронштейна КПВЛТ (производство «НПП «ЭЛЕКТРОМАШ», Екатеринбург) для трехфазной воздушной линии напряжением 6–10 кВ с треугольным расположением фаз.

Конструкция состоит из стеклопластиковых стержней круглого профиля СПП-ЭИ(Н) [6], соединенных арматурой и крепежными элементами. Арматура выполнена из обычной углеродистой стали. Метрические болты и гайки изготовлены из конструкционной стали.

Как поддерживающая механическая конструкция КПВЛТ рассчитывается по методу трех предельных состояний — прочности, деформации, устойчивости.

Общая механическая прочность конструкции определяется механическими напряжениями, которые возникают во всех ее элементах при нагрузке, включая соединительную арматуру и крепеж.

Деформация ограничена прогибом горизонтальной нижней и верхней траверсы, которые должны составлять не более 1/150 от их длины [7].

Коэффициент запаса устойчивости стержня подкоса должен быть больше 1. Других неустойчивых элементов в конструкции нет.

Для современных методик расчета и анализа конструкции в целом, включая возможность изготовления, наиболее рационально создать трехмерную геометрию КПВЛТ (рис. 1).

Предполагается, что КПВЛТ устанавливается с полевой стороны опор контактной сети. В связи с этим расчет механических нагрузок от проводов линии производится на основании СТН ЦЭ 141–99 [7]. В качестве типового провода выбран комбинированный АС-70, принят третий ветровой и гололедный район. Расчеты большинства поддерживающих конструкций контактной сети (консоли, фиксатор-

ные и консольные стойки) также выполнены для данных условий.

Рассчитанные линейные нагрузки умножаются на длину пролета. Дополнительно к нагрузкам от собственного веса проводов, веса гололеда и ветра на кривых участках пути возникает усилие от изменения направления провода:

$$P_n = \frac{H \cdot l}{R}, \quad (1)$$

где H — натяжение провода, Н;
 l — длина пролета, м;
 R — радиус кривой, м.

Если расчетный режим линии ПЭ — гололед с ветром, то натяжение провода при этом равно максимально допустимому значению, следовательно, и величина P_n максимальна.

С уменьшением радиуса кривой длина пролета сокращается. Максимально допустимое значение длины пролета контактной сети от радиуса кривой указано в ПУТЭКС [8] (рис. 2а). Более точная величина длины пролета зависит от контактной подвески и климатических условий и определяется расчетным путем. Данный расчет дает всегда меньшее значение длины пролета по сравнению со значениями в ПУТЭКС. Таким образом, величина P_n (рис. 2б), определенная по длине пролета из ПУТЭКС,

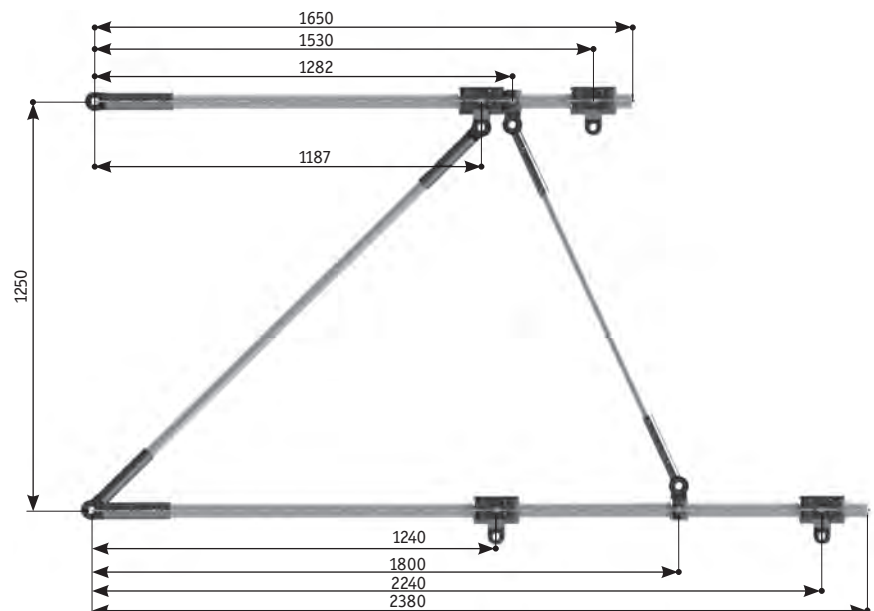


Рис. 1. Трехмерная параметризованная геометрия КПВЛТ без крепежа

является максимально возможной. Горизонтальные и вертикальные силы складываются векторно и дают суммарную результирующую нагрузку (рис. 2в), расположенную под определенным углом к горизонтали (рис. 2г).

Следовательно, для выбранных условий третьего гололедного и ветрового района и провода АС-70 максимальное значение нагрузки составляет 1738 Н под углом 48°. В дальнейших механических расчетах эта величина используется как характерное значение для определения условий применимости. Максимальная нагрузка достигается на кривых участках пути радиусом 1500 м при максимальной длине пролета 70 м. На кривых с радиусом 300 м и более нагрузки получаются меньше.

ОЦЕНКА ОГРАНИЧИВАЮЩИХ ФАКТОРОВ ПО МЕХАНИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КПВЛТ

Необходимо оценить и механическую прочность крепежных деталей, в основном болтов. В наиболее нагруженном состоянии находятся болты, закрепляющие оконцеватели стеклопластиковых стержней (т.е. верхняя траверса и тяга), работающих на растяжение. Данные болты работают на срез под действием силы растяжения в стержнях. В тяге используются три болта М6×0,75, в верхней траверсе — три М10×1,5. Марка стали болтов — 20. Допустимое напряжение на срез — 54, на растяжение — 108 МПа. Расчет на прочность болтов производится по нормам расчета ПНАЭ Г-7-002-86.

Площадь сечения болта определяется по формуле

$$A_w = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4}, \quad (2)$$

где d_3 — диаметр резьбы по впадинам, мм. Напряжение среза по резьбовой части вычисляется как

$$\tau_w = \frac{Q_w}{A_w \cdot n_w}, \quad (3)$$

где Q_w — поперечное усилие на болты, равное силе растяжения стержня, Н; n_w — число болтов, шт.

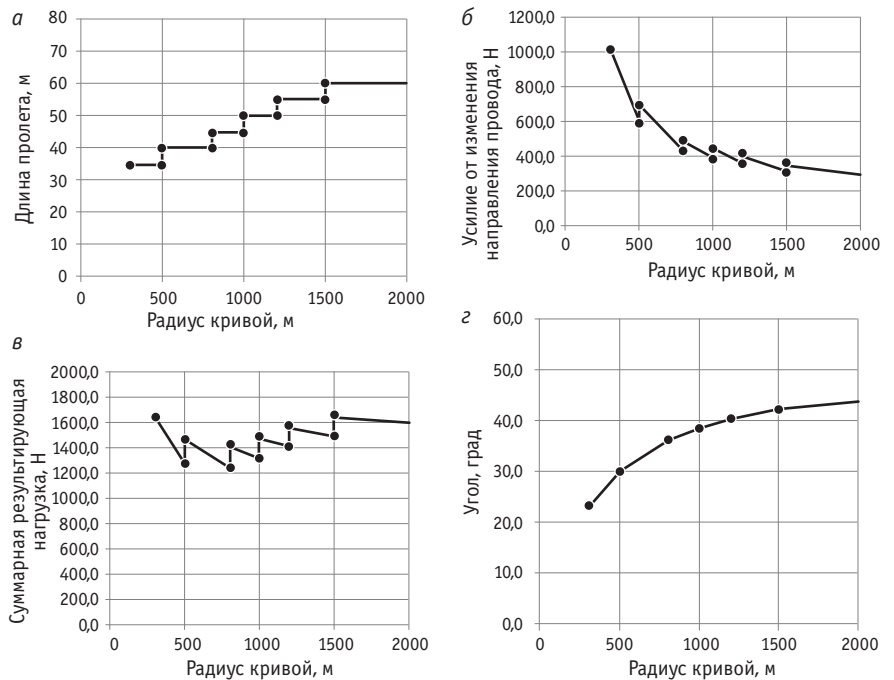


Рис. 2. Диаграммы расчетных значений при определении нагрузок от проводов на кронштейн:

- а — максимально допустимая длина пролета контактной сети в зависимости от радиуса кривой на основании ПУТЭКС; б — максимальное значение P_n в зависимости от радиуса кривой;
- в — суммарная результирующая нагрузка от провода в зависимости от радиуса кривой на основании ПУТЭКС; г — угол суммарной результирующей нагрузки от провода в зависимости от радиуса кривой

Результаты расчета приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что именно болты оконцевателей в тяге и верхней траверсе являются слабым местом по механической прочности кронштейна и ограничивают область его применения по нагрузкам.

С коэффициентом запаса 1,2 принято, что допустимое поперечное усилие на болты в тяге составляет 2700, в верхней траверсе — 7000 Н. Исходя из этого определе-

ны максимально допустимые соотношения между вертикальной G и горизонтальной P нагрузкой от провода в каждой точке подвеса кронштейна (рис. 3).

При $P = 2000$ Н ограничение идет по болтам оконцевателя верхней траверсы, при остальных значениях P — по болтам оконцевателя тяги. Реакция тяги не зависит от горизонтальной нагрузки, поэтому кривая на рис. 3 идет горизонтально до значения $P < 1500$ Н.

Таблица 1

Механический расчет болтов оконцевателей в тяге и верхней траверсе

Параметр	Тяга	Верхняя траверса
Марка болтов, количество	М6×0,75 (3 шт.)	М10×1,5 (3 шт.)
Диаметр резьбы по впадинам, мм	5,08	8,16
Поперечное усилие на болты, Н	2695	6321
Напряжение среза по резьбовой части, МПа	44,3	40,3
Коэффициент запаса	1,22	1,33

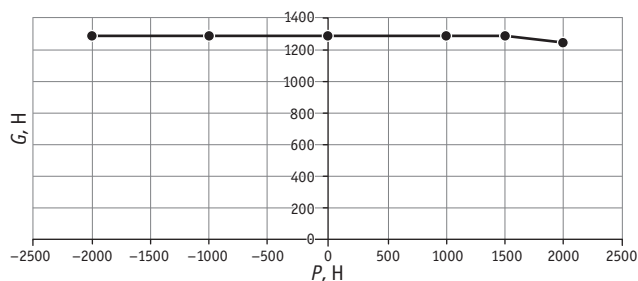


Рис. 3. Область допустимых нагрузок на кронштейн от проводов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПРОГИБА СЖАТО-ИЗОГНУТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРОНШТЕЙНА В СБОРЕ

Экспериментальные исследования полимерного кронштейна КПВЛТ проведены в испытательном центре технических средств железнодорожного транспорта УрГУПС. В ходе механических испытаний определялись следующие параметры: деформация кронштейна (прогиб в узлах фиксации проводов), наличие дефектов защитной электроизоляционной оболочки, удлинение высокопрочного полиэтиленового каната при растяжении. Использовалось такое оборудование: полимерный кронштейн КПВЛТ, динамометр электронный универсальный АЦДУ-50И-1, динамометр электронный универсальный АЦДУ-10И-1, динамометр ДПУ-0,5-2, талреп М22 (крюк-кольцо), цинк DIN 1480 90026, комплекс регистрации перемещений Spider 8, прогибомер Аистова — Овчинникова 6-ПА0-0,01, высокопрочные полиэтиленовые канаты $d = 7$ мм с разрывной нагрузкой 4900 кгс.

Кронштейн КПВЛТ был смонтирован на специальной раме (рис. 4). С помощью талрепов на каждом узле крепления проводов устанавливалась нагрузка 1700 Н, которая задавалась путем натяжения заанкерированных высокопрочных полиэтиленовых канатов (рис. 5). Фиксация требуемого уровня натяжения осуществлялась на мониторах электронных динамометров АЦДУ (Д) и по шкале динамометра ДПУ-0,5-2 (Д). Каждый датчик был пронумерован в соответствии с номером узла крепления проводов (см. рис. 5). Для определения перемещений к местам приложения нагрузки были установлены датчики перемещения комплекса Spider 8 и прогибомеры 6-ПА0-0,01 (рис. 6).

Испытания проведены в два этапа (в каждом опыте фиксировалось удлинение высокопрочного полиэтиленового каната ΔL): на первом этапе определялись перемещения при вертикальном и горизонтальном приложении сил (в точке 3 — угол 48° к горизонту, в точках 1 и 2 — 30°), суммарная нагрузка на каждый узел $Q = 1700$ Н (170 кг);

на втором этапе определялись перемещения при вертикальном приложении сил, нагрузка на каждый узел $G = 1700$ Н (170 кг).

Результаты испытаний приведены в табл. 2 и на графиках перемещений (рис. 7).

На графике перемещений при нагрузке G (см. рис. 7б) значения фиксировались в установившемся режиме — в момент одновременного нагружения всех узлов кронштейна, данный момент указан стрелкой.



Рис. 4. Кронштейн КПВЛТ, закрепленный на раме

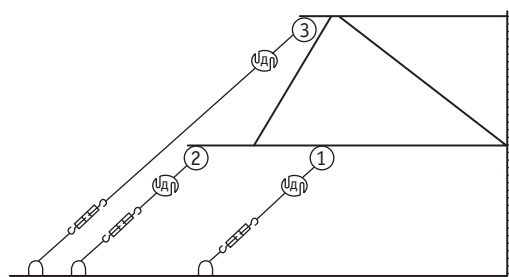


Рис. 5. Схема и нумерация узлов крепления датчиков



Рис. 6. Регистрация величины напряжения и перемещений:

а — показания динамометров и Spider 8;

б — значения прогибомера Аистова

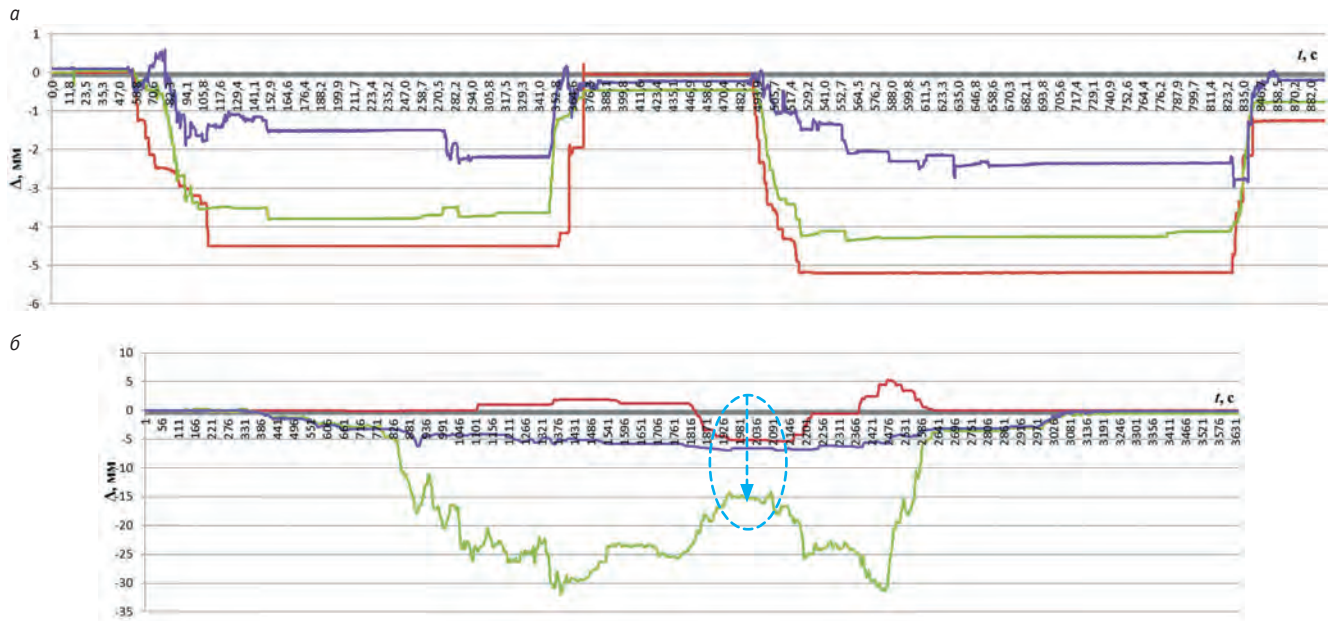


Рис. 7. Графики перемещений датчиками Spider 8 при нагрузках Q (а) и G (б):
— датчик 1; — датчик 2; — датчик 3

Таблица 2

Результаты механических испытаний кронштейна КПВЛТ

№ узла	Датчик	Перемещение в узлах, мм			
		Нагрузка Q , кг		Нагрузка G , кг	
		0	170	0	170
1	Spider 8	0	5,4	0	5,15
	Прогибомер	3573	3010 (5,63)	3956	3954 (0,002)
	Δl	1880	1889 (9)	1889	1890 (1)
2	Spider 8	0	2,3	0	15,0
	Прогибомер	7101	7344 (2,43)	5512	3960 (15,52)
	Δl	750	755 (5)	755	757 (2)
3	Spider 8	0	4,3	0	5,02
	Прогибомер	5462	5928 (4,66)	7071	6560 (5,11)
	Δl	1640	1647 (7)	7647	1648 (1)

Как следует из верификации полученных результатов (см. табл. 2), расхождение в показаниях датчиков Spider 8 и прогибомеров 6-ПАО-0,01 при нагрузке Q составляет около 5%, что свидетельствует о достаточно точном методе измерения перемещений элементов кронштейна.

В ходе проведенных исследований не зафиксировано ни нарушений защитного слоя, ни возникновения трещин, сколов и других дефектов кронштейна и узлов крепления.

Удлинение высокопрочного полиэтиленового каната Δl в первом опыте составило порядка 5–10 мм, что объясняет-

ся затяжкой узлов. Во втором опыте значение Δl не превышало 2 мм, что подтверждает возможность использования высокопрочного каната в качестве несущего элемента, работающего на растяжение.

Таким образом, выполненные теоретические и экспериментальные исследования позволяют сделать вывод, что кронштейн КПВЛТ соответствует требованиям СТН ЦЭ 141–99 [7] по механической прочности, прогибам стержней, устойчивости подкоса и может применяться на воздушной линии электропередачи устройств СЦБ и ПЭ напряжением 6–10 кВ.

Литература

1. Каблов Е. Н. Композиты: сегодня и завтра // Металлы Евразии. 2015. № 1. С. 36–39.
2. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» (в нов. ред.) : распоряжение Правительства Рос. Федерации от 29.08.2013 г. № 1535-р [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499091753> (дата обращения: 06.07.2017).
3. Об утверждении отраслевой программы внедрения композиционных материалов, конструкций и изделий из них в строительном комплексе Российской Федерации : приказ Минрегионразвития России от 24.07.2013 г. № 306 [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499043290> (дата обращения: 06.07.2017).
4. Композиционные материалы на железнодорожном транспорте [Электронный ресурс]. URL: <http://center-science.ru/files/zgd.pdf> (дата обращения: 06.07.2017).
5. 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.
6. Кочунов Ю. А. Применение композитных материалов для изготовления поддерживающих конструкций линий продольного электроснабжения // Транспорт Урала. 2014. № 1 (40). С. 76–80. ISSN 1815-9400.
7. СТН ЦЭ 141–99. Нормы проектирования контактной сети / Департамент электрификации и электроснабжения МПС Рос. Федерации. М. : Трансиздат, 2001. 253 с.
8. ЦЭ-868. Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог / Департамент электрификации и электроснабжения МПС Рос. Федерации. М. : Трансиздат, 2002. 184 с.

References

1. Kablov E. N. Kompozity: segodnya i zavtra [Composites: today and tomorrow] // Metally Evrazii. 2015. № 1. S. 36–39.
2. Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Razvitiye promyshlennosti i povysheniye ee konkurentosposobnosti» (v nov. red.) : rasporyazhenie Pravitel'stva Ros. Federatsii ot 29.08.2013 g. № 1535-r [On approval of the state program of the Russian Federation «Development of industry and enhancing its competitiveness» (in new ed.) : Order of the Government of the Russian Federation of Aug 29, 2013 № 1535-r]. [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499091753> (access date: 06.07.2017).
3. Ob utverzhdenii otraslevoy programmy vnedreniya kompozitsionnykh materialov, konstruksiy i izdeliy iz nikh v stroitel'nom komplekse Rossiyskoy Federatsii : prikaz Minregionrazvitiya Rossii ot 24.07.2013 g. № 306 [On approval of the sectoral program for the introduction of composite materials, structures and products from them in the construction sector of the Russian Federation : Order of the Ministry of Regional Development of Russia of July 24, 2013, No. 306]. [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499043290> (access date: 06.07.2017).
4. Kompozitsionnye materialy na zheleznodorozhnom transporte [Composite materials in railway transport]. [Electronic resource]. URL: <http://center-science.ru/files/zgd.pdf> (access date: 06.07.2017).
5. Kochunov Yu. A., Grekhov A. O. Sovremennye podderzhivayushchie konstruksii [Modern supporting structures] // Innovatsionnyy transport – 2016: spetsializatsiya zheleznykh dorog : mater. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf., posvyashch. 60-letiyu osnovaniya UrGUPS. Ekaterinburg : Izd-vo UrGUPS, 2017. S. 67–73.
6. Kochunov Yu. A. Primeneniye kompozitnykh materialov dlya izgotovleniya podderzhivayushchikh konstruksiy liniy prodol'nogo elektrosnabzheniya [Application of composite materials for manufacturing of supporting structures of longitudinal power supply lines] // Transport Urala. 2014. № 1 (40). S. 76–80. ISSN 1815-9400.
7. STN TsE 141-99. Normy proektirovaniya kontaktnoy seti [Norms of designing a contact network] / Departament elektrifikatsii i elektrosnabzheniya MPS Ros. Federatsii. M. : Transizdat, 2001. 253 s.
8. TsE-868. Pravila ustroystva i tekhnicheskoy ekspluatatsii kontaktnoy seti elektrifitsirovannykh zheleznykh dorog [Rules for the arrangement and technical operation of the contact network of electrified railways] / Departament elektrifikatsii i elektrosnabzheniya MPS Ros. Federatsii. M. : Transizdat, 2002. 184 s.