



Trial tests of domestically produced composite supports in St. Petersburg

Khamidullova E.E.^{1*}; Novik V.A.^{1**}; Vasyutkin E.S.^{2***}; Goncharov A.B.^{3****}; Dyadicyn S.E.^{4*****}

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation

² Composite Technology and Tooling Ltd.

³ Committee for transport infrastructure development of St. Petersburg

⁴ Federal State-Owned «Military Educational Institution of Logistics named after General of the Army A.V.Khrulyov» of the Ministry of Defense of the Russian Federation

* e-khamidullova@mail.ru

** vasilina.novik@yandex.ru

*** evasyutkin@yandex.ru

**** goncharov@krti.gov.spb.ru

***** Dyadicyn@mail.ru

Keywords:

Composition; Sustainable development; Research; Polymeric composite materials; Composite supports; Lighting supports; Methods of production; Physical and mechanical characteristics

Abstract:

Technological progress and the emergence of new materials help people develop innovative solutions to meet the challenges of the time. Currently, a line of lighting supports made of polymer composite materials and new production technologies of such products are being actively developed. This is being done so that physical and mechanical characteristics of composite supports could be improved in order to increase their advantages over reinforced concrete and metal supports, as well as to expand the territorial area of use of such supports in various climatic zones of the Russian Federation. This article discusses a trial test of a support made of polymer composite materials in the city of St. Petersburg. The purpose of this study is to determine the characteristics of the composite support, the possibility of its improvement, and the establishment of the possibility of its further use under the overhead power line. In this study, methods of observation and analysis of the results were used. As a conclusion, it can be said that the physical and mechanical characteristics of the mounted support are in full compliance with the stated requirements for composite supports installed in the city of St. Petersburg. In addition, this support satisfies climatic conditions which is important for the entire period of its operation. According to the review of St. Petersburg State Unitary Enterprise "Lensvet", it can be concluded that the use of this support made of polymer composite materials is only possible with a combined installation with reinforced supports on small streets, alleys and quarters. This support is generally approved by St. Petersburg State Budgetary Organization "Lensvet" and recommended for operation in the city of St. Petersburg.

1 Введение / Introduction

Развитие технологий и появление новых материалов помогают человеку разрабатывать инновационные решения, позволяющие отвечать на вызовы времени. В настоящее время использование полимерных композиционных материалов (ПКМ) позволяет различным отраслям промышленности идти далеко вперед. Полимерные композиционные материалы выступают в роли аналогов различных материалов, которые активно применяются в различных областях производства, при этом не уступая по физико-механическим характеристикам, а иногда и превосходя другие материалы, что позволяет успешно делать замену материалов.

В литературе, например, в статьях [1-3] часто встречается сравнение композитных и металлических опор для использования в энергетическом секторе в качестве опор для ЛЭП, исследование опор ЛЭП из полимерных композитных материалов. Например, в электроэнергетике композиты нашли применение как основа (силовой элемент, корпус) опорных и подвесных изоляторов, кабельных муфт.[4]

В настоящее время в отечественном электросетевом комплексе все больше внимания уделяется практическому внедрению инновационных технических решений, позволяющих в том числе, сооружать воздушные линии (ВЛ) электропередачи нового поколения с улучшенными технико-экономическими и экологическими показателями.[5]

Сейчас полимерные композиционные материалы активно используются для создания опор наружного освещения. Всего выделяют несколько типов опор наружного освещения. К основным можно отнести железобетонные, металлические и композитные опоры. Последние имеют либо более высокие показатели, либо такие же, как и у других материалов, но имеют более длительный жизненный цикл, что, собственно, и объясняет развитие производства опор наружного освещения из полимерных композиционных материалов.

Опоры композитные силовые и несиловые изготавливаются методом пултрузии или намотки армирующего композитного волокна (стекловолокна, базальтового волокна и их комбинаций) с эпоксидным или полиэфирным связующими, которые обеспечивают более высокие физико-механические характеристики опоры и её долговременную стойкость к ультрафиолету и погодным факторам без дополнительных защитных мероприятий, требующихся для других типов связующих. Несомненным достоинством опор из ПКМ является отсутствие эксплуатационных затрат за весь срок службы.

В качестве преимуществ полимерных композитных опор отмечают: повышенная долговечность от 65 до 125 лет, отсутствие коррозии; легкость и компактность и как следствие этого, удобство транспортировки и монтажа; возможность подобрать необходимую цветовую гамму и поддерживать ее в процессе эксплуатации; большая устойчивость к действию ветровых нагрузок, обледенению, налипанию снега из-за большей энергоемкости. [6] Опоры из композитов легкие, простые в транспортировке конструкции с большой прочностью.[7] Немаловажным фактором является легкость смывания граффити и объявлений на объектах городской и транспортной инфраструктуры.

В настоящее время активно ведется разработка линейки опор освещения и создание новых технологий производства таких изделий. Это делается с целью повысить физико-механические характеристики композитных опор для того, чтобы увеличить их преимущества перед железобетонными и металлическими опорами, а также увеличить территориальную область использования таких опор в различных климатических зонах РФ.

Огромное влияние на срок службы опоры из полимерных композитных материалов помимо способа и качества изготовления оказывают климатические условия, в которых эксплуатируется данный продукт. Территория Российской Федерации преимущественно расположена в средних и умеренных широтах. Климат России разнообразен, что объясняется широкой протяженностью территории страны по материку Евразия, а также разнообразием рельефа. Поэтому необходимо разработать такие методы изготовления, которые обеспечивали бы стойкость опор к внешним погодным условиям: знакопеременным температурным нагрузкам, воздействию ультрафиолета и других факторов.

Климат Санкт-Петербурга довольно суровый и знакопеременный. Для города характерны резкие изменения погоды и перепады температур. Так как количество осадков превышает испарение влаги, то влажность в данном регионе является высокой. В течение года осадки выпадают неравномерно, а также отличаются количеством в разных районах города. Число пасмурных дней в году преобладает в течение года. Таким образом, можно сказать, что погодные условия в городе Санкт-Петербург являются неблагоприятными и вследствие этого к изготовлению опор освещения нужно подходить ответственно и искать новые способы и методы производства данных изделий.

В настоящее время наблюдается устойчивый рост производства и внедрения композитных опор в различных регионах России. В статье [8] был проведен анализ технических характеристик композитных опор, серийно выпускаемых тремя компаниями: ООО "Сафит инжиниринг" г. Санкт-Петербург, ООО НПП "ЗСТ" г. Казань, ООО "Компания СвязьЭнергомонтаж МО" г. Москва.

В данной статье рассматривается тестовое испытание отечественных опор из полимерных композитных материалов в городе Санкт-Петербург. Целью данного исследования является

определение характеристик композитной опоры, возможность ее усовершенствования и установление возможности дальнейшего ее применения под воздушную линию электропередач. Были поставлены и выявлены следующие задачи: обзор мировой литературы, исследование объекта по характеристикам, испытание опоры в течение года, анализ полученных результатов в ходе испытания изделия, обобщение полученных результатов.

2 Методы / Methods

Изготовление композитных опор является развивающейся отраслью, поэтому на данный момент идет поиск новых способов изготовления опор, удовлетворяющих предъявленным требованиям. Различные компании предоставляют большой выбор композитных опор для разнообразных целей: от композитной опоры наружного освещения на частной территории до композитной опоры для железнодорожных путей. В данной статье рассматривается опора из полимерных композиционных материалов для использования вдоль автомобильной дороги.

Композитная опора была разработана, изготовлена, испытана и сертифицирована в полном соответствии с техническими требованиями заказчика – СПб ГБУ «ЛЕНСВЕТ», которые разработаны на основании положений ГОСТ Р ЕН40-7-2013 [9] и ГОСТ 32947-2014 [10]. Согласно данным требованиям опоры и фундаменты должны быть устойчивы к воздействию климатических факторов внешней среды и соответствовать климатическому исполнению УХЛ (NF) по ГОСТ 15150[11]. Кроме того опоры должны соответствовать ТУ изготовителя. В таблице 1 указаны физико-механические свойства материала опор.

Таблица 1. Физико-механические свойства материала опор
Table 1. Physical and mechanical properties of supports

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Величина
1	Плотность	кг/м ³	не менее 1,6
4	Окружной модуль упругости	ГПа	22,9 - 25,6
5	Осевой модуль упругости	ГПа	13,5 - 16,9
6	Окружной модуль упругости на изгиб	ГПа	18,7 - 29,2
7	Окружной предел прочности на растяжение	ГПа	0,26 - 0,31
8	Осевой предел прочности на растяжение	ГПа	0,18 - 0,20
9	Окружная прочность на изгиб	ГПа	0,23 - 0,26

Композитная опора ОГО-7,5-100-ф от ООО "Композит Групп" весной 2019 года была установлена по адресу город Санкт-Петербург улица Гагарина, дом 14 взамен сбитой автомобилем железобетонной опоры типа ОУО и в течение года испытывалась СПб ГБУ "Ленсвет". В исследовании были использованы методы наблюдения и анализа полученных результатов. На их основе сделаны выводы о возможности использования данной опоры и способах ее улучшения.

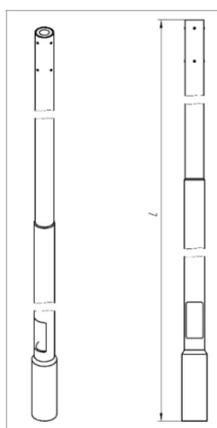


Рисунок 1. Эскиз опоры ОГО-7,5-100-ф
Fig. 1. Sketch of the OGO-7,5-100-f support



Рисунок 2. Установка опоры по адресу улица Гагарина, 14
 Fig. 2. Installation of the support at 14 Gagarin street

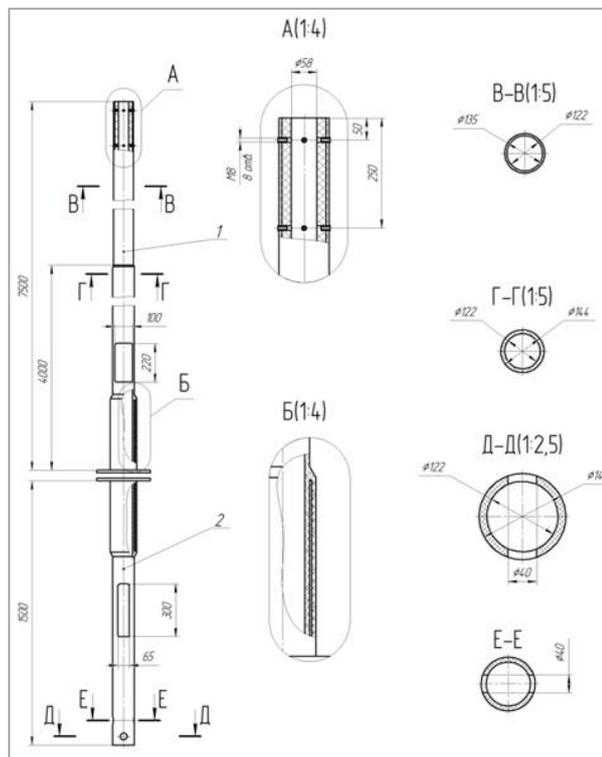


Рисунок 3. Сборный чертеж опоры ОГО-7,5-100-ф от ООО "Композит Групп"
 Fig. 3. Assembly drawing of the OGO-7,5-100-f support by ООО "Kompozit Grupp"

Связующим веществом для изготовления опоры была выбрана эпоксидная смола, а в качестве армирующего волокна – стекловолокно и базальтовое волокно. Конструкция опоры представлена как опора с переходом. Данный тип конструкции означает, что изделие состоит из двух стоек: нижней и верхней. Нижняя стойка имеет больший диаметр, чем верхняя, и длину, которая составляет 1/3 от общей высоты опоры. Кроме того, для проведения проводов на высоте от земли 500 мм в нижней стойке опоры предусмотрено ревизионное окно. При производстве была использована непрерывная намотка. Характеристики опоры представлены в таблице 2.

Таблица 2. Физико-механические характеристики материала опоры ОГО-7,5-100-ф от ООО "Композит Групп"

Table 2. Physico-mechanical characteristics of the material of the OGO-7,5-100-f support by ООО "Kompozit Grupp"

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Величина
1	Плотность	кг/м ³	1700 - 1900
2	Температура внешней среды	°С	Нет ограничений по эксплуатации, монтаж до - 390С
3	Температура транспортируемой среды	°С	от - 270 до + 170
4	Коэффициент теплопроводности	вт/(м·°С)	0,25 – 0,33
5	Окружная прочность на растяжение	ГПа	до 0,49
6	Окружная прочность на изгиб	ГПа	0,33 – 0,37
7	Окружной модуль упругости на изгиб	ГПа	8,13 – 23,8
8	Осевой модуль упругости на растяжение	ГПа	15 - 19
9	Окружной модуль упругости на растяжение	ГПа	27 - 35
10	Цена за 1 погонный метр	руб.	21 000 -22 000

3 Results and discussion

Как видно из таблицы, плотность материала опоры ОГО-7,5-100-ф от ООО "Композит Групп" составляет от 1700 до 1900 кг/м³. Данное значение меньше плотности металлов и бетона, из которых изготавливаются опоры наружного освещения, что упрощает транспортировку изделия к месту установки, а также сам процесс установки опоры. Композитная опора может использоваться при любых температурах, а монтаж может осуществляться до - 39 0С. Эта характеристика показывает, что опора может эксплуатироваться в любых температурных условиях и выдерживать перепад температур внешней среды, что характерно для города Санкт-Петербург, где опора проходила испытания. Также стоит отметить, что есть границы температуры, при которой изделие может транспортироваться, однако такие значения не достигаются в природе, поэтому можно считать, что ограничений для транспортировки нет. Коэффициент теплопроводности, характеризующий способность материала проводить тепло, является достаточно низким, в том числе и по сравнению с другими материалами, используемыми для производства данных изделий. Это означает, что опора нагревается медленно. Значения окружной прочности и окружного модуля упругости на растяжение, на изгиб, а также осевого модуля упругости на растяжение удовлетворяют тем техническим требованиям, которые предъявляет СПб ГУП «Ленсвет» к опорам освещения из композиционных материалов, указанные в таблице 1. Композитная опора и ее фундамент устойчивы к воздействию климатических факторов внешней среды и соответствуют климатическому исполнению УХЛ (NF) по ГОСТ 15150 – макроклиматическому району с умеренным и холодным климатом. Данное требование удовлетворяет климатическим условиям города Санкт-Петербурга.

Стоимость композитной опоры, рассматриваемой в статье, несколько ниже стоимости аналогичных композитных опор, представленных на рынке.

Как уже было сказано выше, рассматриваемая в данной статье композитная опора ОГО-7,5-100-ф от ООО "Композит Групп" весной 2019 года была установлена в тестовом режиме. За прошедший период испытания (один календарный год) СПб ГБУ "Ленсвет" определило, что:

1. данная опора в представленном исполнении годится только под прямую линию наружного освещения, выполненную без поворотов, и тем более без отводов в сторону на любой градус;
2. на опоре можно монтировать кронштейн с длиной выноса не более 1,0 м, большая длина способствует изгибу опоры;
3. крепление кронштейна на опоре стало возможным только после того, как опора была просверлена насквозь вместе с кронштейном, с установкой резьбовых шпилек.

4 Заключение / Conclusions

В заключение можно отметить, что физико-механические характеристики поставленной ООО «Композит Групп» опоры полностью соответствуют заявленным требованиям для композитных опор, которые устанавливаются в городе Санкт-Петербург. Кроме того опора удовлетворяет климатическим условиям, что важно для всего периода ее эксплуатации. По отзыву СПб ГУП «Ленсвет» можно сделать вывод, что использование данной опоры из полимерных композитных материалов ОГО-7,5-100-ф от ООО "Композит Групп" возможно только при комбинированной установке с усиленными опорами на небольших улицах, переулках и в кварталах. Однако для того, чтобы опору такого типа можно было установить, необходимо доработать узел крепления кронштейна. Изначально узел был рассчитан под крепление кронштейна путём сверления опоры насквозь вместе с кронштейном и с установкой резьбовых шпилек. Но, согласно пожеланию технических специалистов района для упрощения сборки были внесены изменения в конструкцию, которых оказалось недостаточно. В дальнейшем этот недостаток планируется устранить за счёт использования специального проводника под крепеж.

В целом, результаты работы положительные, так как данная опора в целом одобрена СПб ГБУ «Ленсвет» и рекомендована для эксплуатации в городе Санкт-Петербурге. Недочеты в узле крепления кронштейна незначительны и уже устранены. Стоимость изделия снижена по сравнению с аналогами. Как известно, только опыт является критерием оценки и только опыт может дать единственный достоверный результат. Первый опыт был положительным. А о сроках эксплуатации данной опоры конкретно можно будет сказать только по истечению времени, указанному в ТЗ СПб ГБУ «Ленсвет».

References

1. Orlova N.A., Korobshchikova T.S., Moltusov A.S. O perspektivah primeneniya kompozitnykh materialov v energetike na pripere opor LEP [On the prospects for the use of composite materials in the energy sector with the support of power transmission towers]. *Dostizheniya vuzovskoy nauki*. 2015. 19. Pp. 135-139. (rus)
2. Rahmatullin S.S., Golota M.N., Meldenberg A.N. O razrabotke promezhutochnykh opor iz kompozitnykh materialov dlya VL 0,4 kV i 6–10 kV [About the development of intermediate supports made of composite materials for 0.4 kV and 6-10 kV overhead lines]. *Elektroenergiya. Peredacha i raspredelenie*. 2017. 1 (40). Pp. 52-59. (rus)
3. Davlyatov T.M., Karkaev R.B., Kacueva F.H. Opory LEP iz kompozitnykh materialov: dostoinstva i perspektivy [SOLAR ELECTRICITY: PROSPECTS AND STATUS]. *Innovacionnye processy v sovremennoy nauke Materialy Mezhdunarodnoj (zaочноj) nauchno-prakticheskoy konferencii. Pod obshchej redakciej A.I. Vostrecova [Innovative processes in modern science. Materials of the International (correspondence) scientific-practical conference. Edited by A.I. Vostretsov]. Neftekamsk: Izd-vo Nauchno-izdatel'skij centr "Mir nauki". 2017. Pp. 77-82.*
4. Repin A.I., Savotin O.A., Pavlov A.I. Promezhutochnye opory iz kompozicionnykh materialov dlya VL 110-220 kV [Intermediate supports made of composite materials for overhead lines 110-220 kV]. *Energiya edinoj seti*. 2014. 2 (13). Pp. 53-59. (rus)
5. Vlasov G.V., Zenkova E.V., Zubkov A.S., Lavrov YU.A. Razrabotka opor iz kompozitnykh materialov dlya vozdushnoj linii elektroperedachi [Development of supports made of composite materials for overhead power lines]. V sbornike: *Tekhnologii i oborudovanie himicheskoy, biotekhnologicheskoy i pishchevoj*

- promyshlennosti materialy VIII Vserossijskoj nauchno- prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem.[In the collection: Technologies and equipment of the chemical, biotechnological and food industries materials of the VIII All-Russian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists with international participation] Biysk: FGBOU VPO «Altajskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet im. I.I. Polzunova», Bijskij tekhnologicheskij institut (filial). 2015. Pp. 120-124.
6. Garibov R.B., Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G. Comparative assessment of the safety of lighting pillars installed near the road under the action of a car driving over them. Russian journal of transport engineering. 2018.No. 4. Pp. 1-29.
 7. Yamanaeva A.M. Osobennosti primeneniya stekloplastikovykh opor primontazhe macht osveshcheniya [Features of the use of fiberglass supports for mounting lighting masts]. Vestnik sovremennykh issledovanij. 2020. 1-7 (31). Pp. 73-75. (rus)
 8. Khamidullova, E.E., Vasiutkin, E.S., Goncharov, A.B. Comparison between domestic composite supports of outdoor lighting. AlfaBuild. 2020. 13(1). Pp. 45–58. DOI:10.34910/ALF.13.6. URL: <https://alfabuild.spbstu.ru/article/2020.13.5> (date of application: 8.02.2021). State Standard 40-7-2013. Fibre reinforced polymer composite of lighting columns. Technical specifications. Moscow, Standartinform Publ., 2013. Pp.31. (rus)
 9. State Standard 32947 –2014. Automobile roads of the general use. Supports stationary electric lighting. Technical requirements. Moscow, Standartinform Publ., 2016. Pp.26. (rus)
 10. State Standard 15150-69 - 1971. Machines, instruments and other industrial products. Modifications for different climatic regions. Categories, operating, storage and transportation conditions as to environment climatic aspects influence. Moscow, Standartinform Publ., 2006. Pp.58. (rus)
 11. Thomason, J.L. Glass Fibre Sizing: A Review. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 2019. 127 p.
 12. Nazaruddin, N. Akram, A. Hasanuddin, I. Iqbal, M. Kurniawan, R. Putra, R. Mechanical properties of glass fiber reinforced polyester resin for use as the wall of the Acehese boat 'Thep-Thep'. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019.
 13. Buketov, A., Saponov, O., Brailo, M., Stukhlyak, D., Yakushchenko, S., Buketova, N., Saponova, A., Sotsenko, V. The Use of Complex Additives for the Formation of Corrosion- and Wear-Resistant Epoxy Composites. Advances in Materials Science and Engineering. 2019.
 14. Sun Z. Progress in the research and applications of natural fiber-reinforced polymer matrix composites. Science and Engineering of Composite Materials. 2017. Vol. 25. No. 5. Pp. 835– 846.
 15. Jaafar J., Siregar J., Mohd Salleh S., Mohd H., Mohd H., Cionita T., Rihayat T. Important Considerations in Manufacturing of Natural Fiber Composites: A Review. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology. 2019. Vol. 6. No. 3. Pp. 647–664.
 16. Karvanis K., Rusnáková S., Žaludek M., Čapka A. Research on the Multi-factor Aging Resistance for the materials of Composite Poles. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016.
 17. Li, P., Wu, X., Feng, B., Xie, F. Preparation and Dynamic Mechanical Analysis of Glass or carbon Fiber/Polymer Composites. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019.
 18. Fukuyama, H. Fibre – Reinforced Polymers in Japan. Structural Engineering International. 1999. No. 4. Pp. 263–266.