УДК 623.316

В.Я. Жиляков, А.Н. Шаповалов

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени Н.А. Бекетова, Украина

ПРИМЕНЕНИЕ ОПОР ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Приведены результаты расчетов прочности стальных полых восьмигранных опор освещения при креплении к этим элементам опор контактной сети городского электрического транспорта. Доминантой исследования является разработка алгоритма оценки возможности одновременного использования стальных полых восьмигранных опор в качестве крепления к ним светильников освещения проезжей части и элементов контактной сети городского электрического транспорта. Алгоритм разработан на основании исследования особенностей деформирования стальных полых восьмигранных опор освещения, при креплении к этим опорам элементов контактной сети городского электрического транспорта.

Ключевые слова: *металлические опоры, обследование, надежность эксплуатации, контактная сеть городского электрического транспорта*

Актуальность проблемы

При строительстве новых и реконструкции существующих сетей городского электрического транспорта значительные материальные средства и время уходят на монтаж или замену опор для подвески контактной сети. В некоторых случаях можно значительно уменьшить эти затраты, благодаря использованию существующих опор дорожного освещения в качестве крепления элементов контактной сети городского электрического транспорта.

Постановка проблемы

В процессе плановой реконструкции перекрестка дорог ул. Ахсарова и пр. Людвига Свободы в г. Харькове возникла задача о возможности уменьшения количества существующих железобетонных и металлических опор, выполняющих функции освещения путем подвески контактной троллейбусной сети на имеющиеся опоры.

Задача исследования – определение несущей способности и деформаций металлических гнутых восьмигранных пустотелых опор наружного освещения с целью установления возможности подвески к ним контактной троллейбусной сети с сохранением прямого назначения этих опор – обеспечения внешнего освещения улиц.

Определение цели и задачи исследования

Цель исследования – установление возможности и условий крепления элементов контактной троллейбусной сети к существующим осветительным опорам.

Объект исследования – осветительные опоры ОКМ12 и ОКМ18, произведенные заводом «Рассвет» (г. Кременчуг) Полтавской обл. Общий вид опор ОКМ-12 и ОКМ-18 показан на рис. 1. Отличие опор ОКМ-12 от ОКМ-18 проявляется в толщине листа металла, из которого они изготовлены. Для опор ОКМ-12 толщина листа составляет 6мм, для опор ОКМ-18 – толщина листа 10мм. Гнутые опоры имеют конусообразную форму (рис. 2) и оцинкованы методом горячего оцинкования согласно ТУ 28.5-31175832 – 001.2005.

У основания опора имеет опорную круглую плиту диаметром 600 мм, толщиной 20мм, с 8-ю ребрами-траверсами (база опоры). В этой плите просверлены 8 отверстий для крепления базы опоры к анкерным болтам фундамента. Для выполнения электромонтажных работ в нижней части опоры выполнено смотровое окно, на расстоянии 500мм от основания и размерами 130х600мм.

В верхней части опоры установлены две изогнутых круглые стальные трубы диаметром 58мм для крепления к ним светильников.

Принято, что в качестве материала опор использовалась сталь класса С245 с расчетным сопротивлением по пределу текучести R_y = 23 кН/см^2 и значением модуля упругости Е=2,06 х 10^4 кН/см^2.

Формализация задачи

В рамках настоящего исследования разработан алгоритм оценки возможности одновременного использования стальных полых восьмигранных опор в качестве крепления к ним светильников освещения проезжей части и элементов контактной сети городского электрического транспорта,

© *В.Я. Жиляков, А.Н. Шаповалов*

выполнены расчеты несущей способности полых восьмигранных стальных опор разных толщин и составлены таблицы зависимости возможной максимальной высоты крепления контактной сети в зависимости от горизонтальной нагрузки от тросов крепления сети.

Метод решения задачи

Нагрузкой на опору осветительной сети являются:

– собственная масса опоры; 1.

– собственная масса светильников и их креплений;

– ветровая нагрузка на опору и светильники, 2. которая определялась по действующему ДБН [4].

При использовании осветительной опоры для крепления контактной сети добавляются следующие нагрузки:

– вертикальная – от собственной массы участка собственно контактной сети (между опорами) и ее креплений к опоре;

– горизонтальная – от натяжения тросов крепления контактных проводов.

Расчет несущей способности опоры выполнялся на одновременное действие всех названных расчетных нагрузок.

Отклонение верха опоры определялось от действия нормативных (характеристических) нагрузок.

При расчетах использовался численный метод с анализом полученных результатов и формулировкой выводов.

Для получения данных о несущей способности исследуемых опор использовался программный комплекс «Лира Сапр».

На первом этапе определялась несущая способность наиболее ослабленного сечения опоры (низ смотрового окна).

На втором этапе определялись максимальные усилия (M, N, и Q) в ослабленном сечении опоры от действия внешних нагрузок на опоры освещения (собственная масса опоры, собственная масса светильников и их креплений, ветровая нагрузка на опору и светильники).

Третий этап включал определение запаса несущей способности опоры по изгибающему моменту M (разница несущей способности при изгибе и максимального изгибающего момента от внешних нагрузок).

На заключительном этапе определялись значения максимальных нормативных горизонтальных нагрузок при различных высотах точек их приложения (высота приложения нагрузок варьировалась от 6,0м до 9,25м с шагом 0,25м). Уточнение значений напряжений в расчетном сечении от совместного действия изгибающего момента, поперечной и продольной сил учитывалось при построении полей напряжений.

Определялась несущая способность опор высотой 11,9 м с толщиной листа 6мм (ОКМ-12) и 10 мм (ОКМ-18) с приложением расчетной горизонтальной нагрузки к верхней части опор. Отклонение верха опоры определялось от действия нормативных (характеристических) нагрузок.

В качестве критериев предельных состояний принято:

Значения приведенных напряжений в ослабленном сечении опоры не должны превосходить значений расчетного сопротивления материала опор.

Предельное горизонтальное перемещение от действия всех характеристических нагрузок не должно превышать величины 1/70 высоты надземной части опоры [3].

Для опор ОКМ-12 и ОКМ-18 величина предельного отклонения верха опоры составляет 0,17 м (11,9/70 =0,17 м), где 11,9 м – высота надземной части опоры. Предельное перемещение верха опор Δпред от действия расчетных нагрузок должно составлять ≈ 0,22 м (0,17 х 1,3 = 0,22 м).

Горизонтальные характеристические (нормативные) нагрузки на опоры - (12,2 кН для ОКМ-12 и 18,5 кН для ОКМ-18) были заданы технологическими условиями эксплуатации подвесной контактной сети троллейбуса. Коэффициент надежности по горизонтальной нагрузке принимался равным 1,3, согласно [3] –

«Розрахункове горизонтальне навантаження на сталеві опори Рр треба визначати за формулою:

$$Рр=К\cdot Р_н,$$

де К - коефіцієнт перевантаження, який дорівнює 1,3;

$Р_н$ - нормативне навантаження на опору, прикладене до вершини опори, Н.

Розрахунковий прогин залізобетонних і сталевих опор під дією нормативного навантаження не повинен перевищувати 1/70 висоти надземної частини опори».

В качестве расчетной схемы для данных опор принята вертикальная консольная стойка, защемленная в фундаменте и загруженная вертикальными и горизонтальными нагрузками (рис. 3). Расчеты проведены в среде «Лира-Сапр», версия 11.3.

Динамический расчет опор на действие ветровой нагрузки не производился, т.к. и для опор ОКМ-12, и для опор ОКМ-18 значения 18 обертонов меньше 2 сек. В этом случае, согласно [6], этот расчет выполнять не требуется.

Нормативная литература по проектированию трамвайных и троллейбусных линий не содержит

обязательных требований к расчету опор на нагрузки, возникающие от обрыва проводов контактной сети или оттяжек, поддерживающих эти провода. Возможно, что возможность возникновения такого форс мажорного нагружения опор учтена применением повышенного коэффициента надежности по нагрузке (1,3), приведенном в нормах [3].

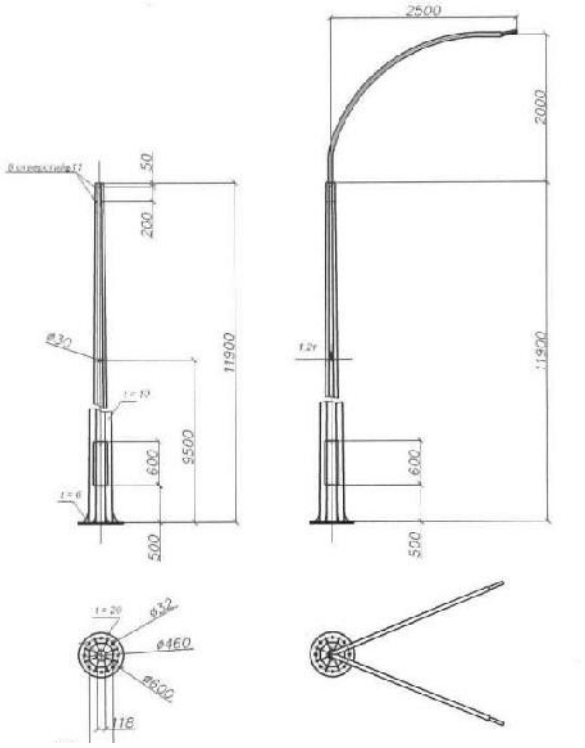


Рис. 1. Общий вид опор ОКМ-12 и ОКМ-18

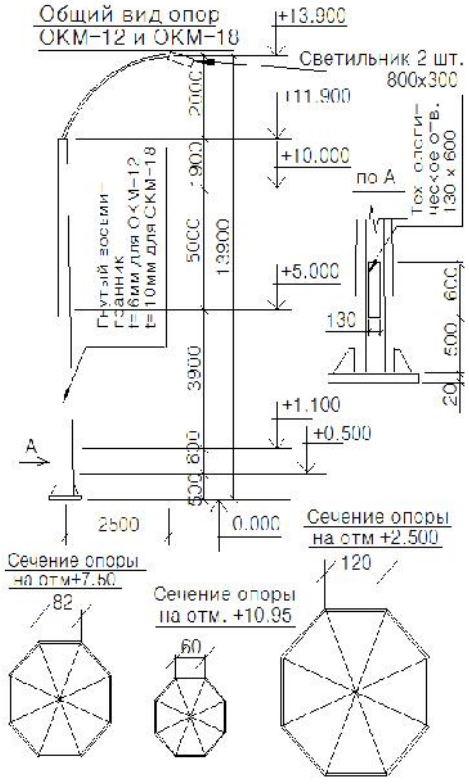


Рис. 2. Геометрические размеры опор

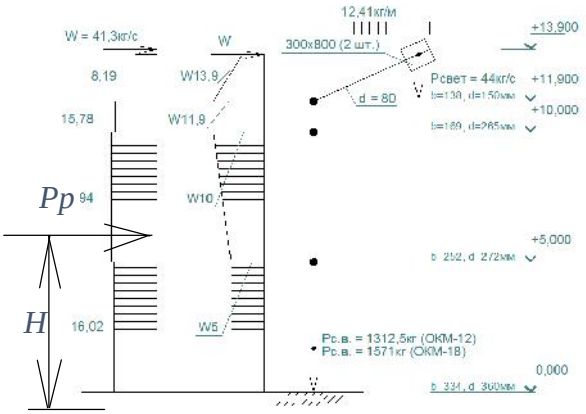


Рис. 3. Расчетная схема опоры

(W-ветровая нагрузка на опору, $P_{с.в.}$- расчетная нагрузка от массы опоры, $P_{свет}$- расчетная нагрузка от массы светильника, $P_р$- горизонтальная расчетная нагрузка от подвески контактной сети, Н-высота приложения горизонтальной нагрузки от подвески контактной сети)

Результаты исследования

1. Прямое функциональное назначение ОКМ-12 и ОКМ-18 состоит в закреплении только светильников для уличного освещения.

2. Осветительные опоры ОКМ-12 и ОКМ-18 в полной мере (нормативные горизонтальные нагрузки 12,2 кН для ОКМ-12 и 18,5 кН для ОКМ-18 с приложением нагрузки к верху опор [3]) не могут выполнять функции опор контактной сети троллейбуса, т.к. их несущая способность значительно ниже значений максимальных изгибающих моментов, возникающих в ослабленном сечении опор от эксплуатационных нагрузок (ветер, собственная масса 2-х светильников и самой опоры, расчетная горизонтальная нагрузка от контактной сети).

Выводы и перспективы, дальнейшее развитие в данном направлении

1. Осветительные опоры ОКМ-12 и ОКМ-18 **могут быть использованы в качестве опор контактной сети при условии выполнения определенных ограничений величины горизонтальной нагрузки на опоры и высоты их приложения.**

2. Ограничения значений нормативных горизонтальных нагрузок от контактной сети и высот их приложения для опор ОКМ-12 и ОКМ-18 приведены в таблице 1, а также на графиках (рис. 4-5.)

3. Выполнение этих ограничений и требований обеспечивает прочность и жесткость только самих опор.

Данное исследование охватывает только установление возможности использования ***собственно осветительных опор*** для

одновременной подвески к ним светильников и элементов контактной сети городского электрического транспорта. Для окончательного принятия решения о возможности использования опор ОКМ-12 и ОКМ-18 (или им подобных) для крепления к ним контактной сети горэлектротранспорта – в каждом конкретном случае необходимо выполнить следующие расчеты:

– уточнение несущей способности грунтового основания фундаментов опор;

– прочности анкерных болтов крепления опор к фундаменту;

– устойчивости фундаментов опор против опрокидывания,

что является направлением дальнейших исследований

Настоящие материалы могут быть использованы при разработке проектно-сметной строительной документации на реконструкцию контактной сети троллейбусов и трамваев, а приведенный алгоритм может быть применен при определении возможности крепления контактной сети горэлектротранспорта к другим типам осветительных опор.

Таблица 1

Таблица значений максимальной нормативной нагрузки для опоры в зависимости от высоты точки ее приложения над верхом фундамента опоры

(для ОКМ-12)

Высота приложения горизонтальной нагрузки H (м)	Максимальное значение нормативной нагрузки $P^н$ (кН)	Горизонтальное отклонение на отм. +11.9 м	Высота приложения горизонтальной нагрузки H (м)	Максимальное значение нормативной нагрузки $P^н$ (кН)	Горизонтальное отклонение на отм. +11.9 м
6	9,09	0,168	7,75	6,89	0,198
6,25	8,69	0,172	8,0	6,67	0,202
6,5	8,33	0,176	8,25	6,45	0,207
6,75	7,99	0,181	8,5	6,25	0,211
7,0	7,69	0,185	8,75	6,06	0,216
7,25	7,41	0,189	9,0	5,88	0,220
7,5	7,14	0,193	9,25	5,71	0,224
(для ОКМ-18)					
6	17,51	0,140	7,75	13,29	0,182
6,25	16,75	0,146	8,0	12,84	0,188
6,5	16,06	0,152	8,25	12,43	0,196
6,75	15,41	0,159	8,5	12,04	0,204
7,0	14,82	0,166	8,75	11,68	0,205
7,25	14,27	0,173	9,0	11,33	0,212
7,5	13,76	0,180	9,25	11,01	0,220

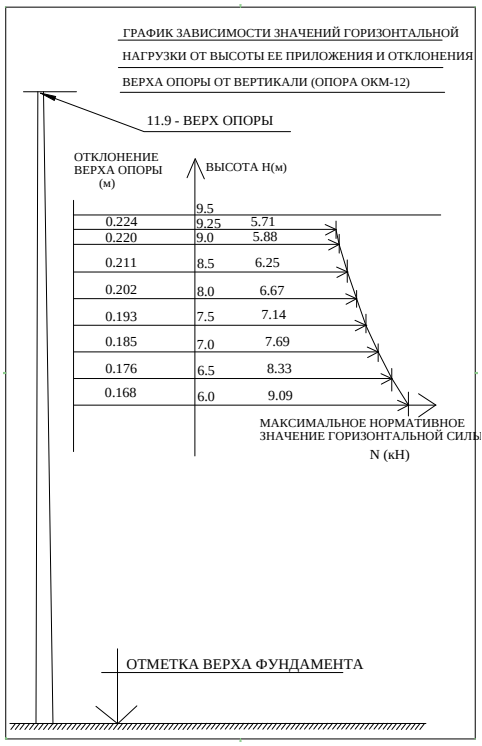


Рис. 4. График зависимости значений максимальной нормативной горизонтальной нагрузки для опоры ОКМ-12 в зависимости от высоты точки ее приложения над верхом фундамента опоры

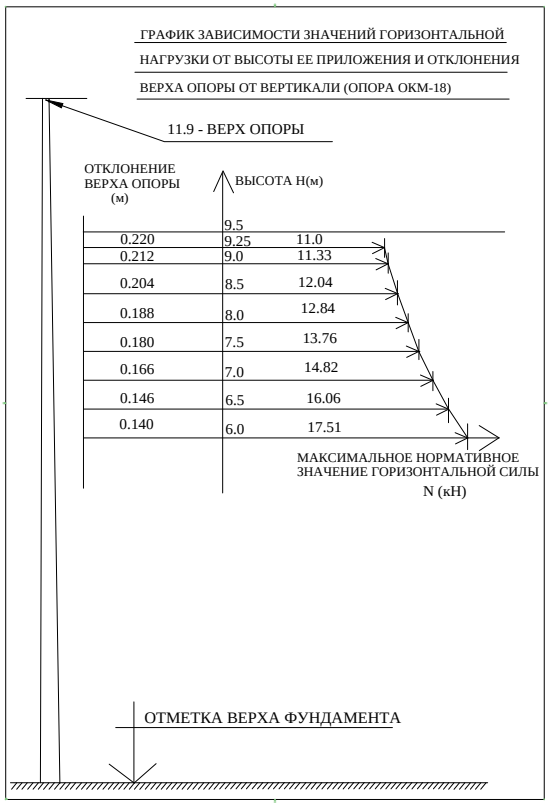


Рис. 5. График зависимости значений максимальной нормативной горизонтальной нагрузки для опоры ОКМ-18 в зависимости от в

© *В.Я. Жиляков, А.Н. Шаповалов*

Литература

1. ДБН 362-92 «Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації». Київ, 1995.

2. ДБН В.2.6-198:2014. Металлические конструкции. Киев, 2014.

3. ДБН В.2.3-18:2007. Трамвайні та тролейбусні лінії. Загальні вимоги до проектування.

4. ДБН В.1.2.-2:2006(с изменениями). Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования.

*5. ДБН 360-92**. Містобудування. Планування та забудова міських і сільских поселень. Київ, 2002.*

6. СП 98.13330.2012. Трамвайные и троллейбусные линии. Москва, 2013.

7. Серия 3.507 КЛ-10 Выпуск 2-1. Опоры наружного освещения металлические. Ленинград, 1982.

8. Городецкий А.С., Шмуклер В. С., Бондарев А. В. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций. — Харьков: Изд-во НТУ «ХПИ», 2003.

9. Н.И. Безухов, О.В. Лужин, Н.В. Колкунов. Устойчивость и динамика сооружений. – М., Изд. литературы по строительству, 1969.

10. Презентация Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы "Развитие наземного городского пассажироского транспорта г. Москвы" от 13 ноября 2013 г.

11. Скорость троллейбусов повысят с помощью новой контактной сети. http://www.m24.ru/articles/45238?utm_source=CopyBuf

12. Британский департамент транспорта. Транспортные тенденции. Национальная статистика, 2005.

References

1. DBN 362-92 "Otsinka tehnichnogo will Stalevo konstruktsiy virobnichih budivel i sporud scho znahodyatsya in ekspluatatsiї". Kyiv, 1995.

2. DBN V.2.6-198: 2014. Metal constructions. Kyiv, 2014.

3. DBN V.2.3-18: 2007. Tramvayni that troleybusni liniї. Zagalni vimogi to proektuvannya.

4. DBN V.1.2.-2: 2006 (as amended). Loads and effects. Design Standards.

*5. DBN 360-92 **. Mistobuduvannya. Planuvannya that Zabudova miskih i silskih settlements. Kyiv, 2002.*

6. SP 98.13330.2012. Tram and trolleybus lines. Moscow 2013.

7. A series of 3.507 CL-10 Issue 2-1. Supports of external lighting metal. Leningrad 1982.

8. Gorodetsky AS, Shmukler VS Bondarev AV IT calculation and design of building structures. - Kharkov: Publishing House of the NTU "KPI", 2003.

9. NI Bezukhov, OV Luzhin, NV Kolkunov. Stability and dynamics of structures. - Acad. literature on the construction of 1969.

10. Presentation of Department of transport and development of road and transportation infrastructure of city of Moscow "Development of above-ground municipal passazhiroskogo transport Moscow" from November, 13 2013

11. Speed of trolleybuses will be promoted by means of new pin network. http://www.m24.ru/articles/45238?utm ource=CopyBuf.

12. UK Department for Transport. Transport Trends National Statistics, 2005.

Автор: ЖИЛЯКОВ Валерий Яковлевич

кандидат технических наук, доцент кафедры строительних конструкций. Харьковский национальный университет городского хозяйства имени Н.А. Бекетова, Украина

E-mail – valeriy_steel@mail.ru

Автор: ШАПОВАЛОВ Александр Никитович

кандидат технических наук, доцент кафедры строительних конструкций. Харьковский национальный университет городского хозяйства имени Н.А. Бекетова, Украина

ЗАСТОСУВАННЯ ОПОР ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ КРІПЛЕННЯ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

В.Я. Жиляков, А.М. Шаповалов

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

Наведено результати розрахунків міцності сталевих порожнистих восьмигранних опор освітлення при кріпленні до цих елементів опор контактної мережі міського електричного транспорту. Домінантою дослідження є розробка алгоритму оцінки можливості одночасного використання сталевих порожнистих восьмигранних опор в якості кріплення до них світильників освітлення проїзної частини та елементів контактної мережі міського електричного транспорту. Алгоритм розроблений на підставі дослідження

особливостей деформування сталевих порожнистих восьмигранних опор освітлення при кріпленні до цих елементів опор контактної мережі міського електричного транспорту.

Ключові слова: металеві порожнисті восьмигранні опори, обстеження, несуча здатність, деформативність, надійність експлуатації, підвіска контактної мережі міського електричного транспорту.

APPLICATION OF SUPPORTS OF ILLUMINATION FOR FASTENING OF PIN NETWORK OF PUBLIC ELECTRIC TRANSPORT

V. Zhylakov, A. Shapovalov

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The objective of the study was to determine the bearing capacity and deformation of metal bent octagonal hollow supports of external lighting with the aim of establishing the possibility of suspension to them contact trolleybus network, preserving the intended purpose of these supports is the provision of external lighting of streets.

The bearing load of the lighting network are:

– own weight of the support;

– the mass of the fixtures and fastenings;

– wind load bearing capacity and light, which is determined by the current state [4].

When you use lighting columns for mounting the contact network adds the following load:

– vertical from its own weight plot of the contact network (between the supports) and it mounts to the support.

The calculation of the bearing capacity of the supports were performed on the simultaneous action of all these design loads.

The tilting of the top supports is determined from the action of standard (characteristic) loads.

The calculations used numerical method with the analysis of the obtained results and formulation of conclusions. To obtain data on the bearing capacity of the investigated supports was used the software package "Lira SAPR".

Lighting columns with ACM-12 and ACM-18 can be used as a support of a contact network only under the condition that certain restrictions on the magnitude of the horizontal load on the bearings and their application. These delineation are shown in table 1 and graphs (Fig. 4 and Fig.5).

Compliance with these restrictions and requirements provides the strength and stiffness of the supports.

This study only covers the possibility of establishing the use of proper lighting standards for simultaneous suspension to him of lamps and elements of the contact network of city electric transport. For the final decision on the possibility of using the supports ACM-12 and ACM-18 (or similar) for attachment thereto of a contact network of city electric transport – in each case it is necessary to perform the following calculations:

– to clarify the bearing capacity of subgrade of footings;

– strength of anchor bolts attaching the supports to the foundation;

– stability of footings against tipping, what is the direction of future research.

These materials may be used in the development of design and estimate construction documents for the reconstruction of the contact network of trolleybuses and trams, and the algorithm can be applied when determining the possibility of fastening a contact network of city electric transport to other types of lighting columns.

Keywords: metal hollow octagonal support, inspection, bearing capacity, deformability, reliability of operation, suspension of the contact network of city electric transport.

.

 © В.Я. Жиляков, А.Н. Шаповалов