



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

**МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ  
METAL CONSTRUCTIONS**

№3, ТОМ 14 (2008) 163-168

УДК 621.315.17: 624.131.8

(08)-0163-1

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БАГАТОГРАННИХ ГНУТИХ СТІЮК (БГС) ДЛЯ ОПОР ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ (ПЛ) В УМОВАХ СУЧАСНОЇ УКРАЇНИ**

**І.М. Гаранжа, В.М. Василев**

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,*

*вул. Державіна 2, 86123, м. Макіївка, Україна.*

*E-mail: garanzha\_84@mail.ru*

*Отримана 20 червня 2008; прийнята 30 червня 2008*

**Анотація.** Стаття розглядає аспекти світового досвіду застосування конструкцій на основі багатогранних гнутих стійок (БГС), відзначає широку сферу застосування таких конструкцій в різних країнах світу. Проводиться техніко-економічне порівняння проміжних опор ПЛ класу напруги 110 кВ гратчастого виконання, а також на основі багатогранної гнutoї стійки приблизно однакових геометричних розмірів, та виготовлених з сталі марки С245, наголошується на значній економічній вигоді при застосуванні опор на основі БГС в порівнянні з застосуванням гратчастих опор. Також в статті наведені важливі позитивні ознаки конструкцій на основі БГС, коротко описано результати проведених розрахунків та план найближчих лабораторних та натурних експериментальних досліджень в області БГС. У висновках статті відзначено конструктивні, монтажні та експлуатаційні недоліки БГС та наведено можливі заходи щодо їх усунення.

**Ключові слова:** багатогранні гнуті стійки, опори ПЛ, сфера застосування, техніко-економічне порівняння, ефективність застосування, вага конструкцій, вартість „в роботі”, питома вартість, методика розрахунку, експериментальні дослідження.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОГРАННЫХ ГНУТЫХ СТОЕК (МГС) ДЛЯ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ (ВЛ) В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ УКРАИНЫ**

**И.М. Гаранжа, В.Н. Васылев**

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,*

*ул. Державина 2, 86123, г. Макеевка, Украина.*

*E-mail: garanzha\_84@mail.ru*

*Получена 20 июня 2008; принята 30 июня 2008*

**Аннотация.** Эта статья рассматривает аспекты мирового опыта применения конструкций на основе многогранных гнутых стоек (МГС), отмечая широкую область применения таких конструкций в различных странах мира. Кроме этого, в статье проводится технико-экономическое сравнение промежуточных опор ВЛ класса напряжения 110 кВ решетчатого исполнения и на основе многогранной гнутой стойки приблизительно одинаковых геометрических размеров, а также изготовленных из стали марки С245, акцентируя внимание на существенной экономической выгоде при применении опор на основе МГС в сравнении с применением решетчатых опор. Также в статье приводятся важные положительные стороны конструкций на основе МГС и кратко описываются результаты проведенных расчетов и

план ближайших лабораторных и натурных экспериментальных исследований в сфере конструкций на основе МГС. В заключении статьи отмечаются конструктивные, монтажные и эксплуатационные недостатки МГС и приводятся возможные мероприятия по их устранению.

**Ключевые слова:** многогранные гнутые стойки, опоры ВЛ, сфера применения, технико-экономическое сравнение, эффективность применения, вес конструкций, стоимость «в деле», удельная стоимость, методика расчета, экспериментальные исследования.

## EFFICIENCY OF USING MANY-SIDED BENT FRAMES FOR OVERHEAD POWER LINE TOWERS (OPL) IN UKRAINE TODAY

I.M. Garanzha, V.N. Vasylev

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,*

*Derzavin str. 2, 86123, Makeyevka, Ukraine.*

*E-mail: garanzha\_84@mail.ru*

*Received 20 June 2008; accepted 30 June 2008*

**Abstract.** The paper deals with the aspects of the world experience of using structures on the base of many-sided bent frames (MSBF), a worldwide use of these structures being noted. In addition there is given a technical and economic comparison of the OPL intermediate lattice towers of 110 kV on the base of a many-sided bent frame of almost even geometrical sizes made of steel C245, a special attention being paid on a considerable economic benefit of using the MSBF-sided towers in comparison with the use of lattice towers. There are also given important positive features of the MSBF-sided structures, the design results as well as the scheme of the nearest laboratory and field experiments in the sphere of the MSBF-sided structures are also described. In conclusion there are depicted design, assembly and operation faults of MSBF and possible measures of their elimination are given.

**Keywords:** many-sided bent frames (MSBF), overhead power line (OPL) towers, sphere of application, technical and economical comparison, efficiency of application, structure weight, cost «in operation», specific cost, design procedure, experimental researches.

### Введение

Многогранные гнутые стойки широко применяются в странах Северной Америки уже в течение нескольких десятилетий. Несколько позже применение МГС началось в Западной Европе, а в последние 10 лет и в наиболее промышленно развитых странах азиатско-тихоокеанского региона.

Необходимо отметить, что сама идея МГС ни для кого не нова. Конструкции МГС появились в США в начале 1970-х годов. Сразу же после начала производства МГС в США была предпринята попытка создания аналогичных конструкций в СССР, для чего на Волгоградском ЗМК была создана соответственная технологическая линия по производству опор высоковольтных линий (ВЛ) на базе МГС. В течение

нескольких лет завод выпускал ограниченными партиями опоры серии ПМ и ПМО для ВЛ 110 и 120 кВ, однако широкого распространения в то время конструкции не нашли, очевидно из-за сложной и дорогостоящей технологии производства и малой производительности завода-изготовителя.

Но в последние годы в Украине, России и ряде других постсоветских стран возобновляется интерес к МГС. Основная область их применения – опоры ВЛ. Кроме этого МГС могут применяться как опоры под наружное освещение улиц, парковых зон, автострад, промзон, осветительные опоры стадионов, теле-, радиовышки, въездные знаки, как опоры контактной сети ж/д и горэлектротранспорта и т.д. (рис. 1).

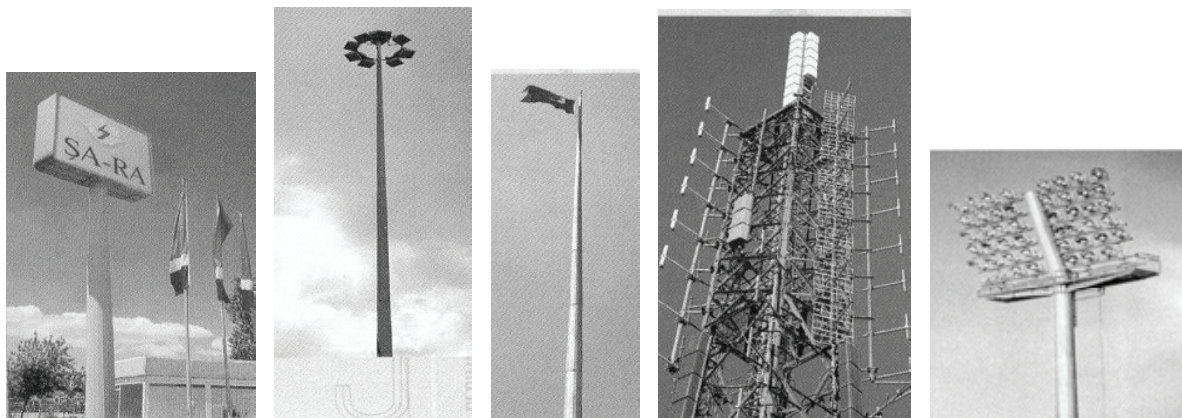


Рис. 1. Сфера применения многогранных гнутых стоек.

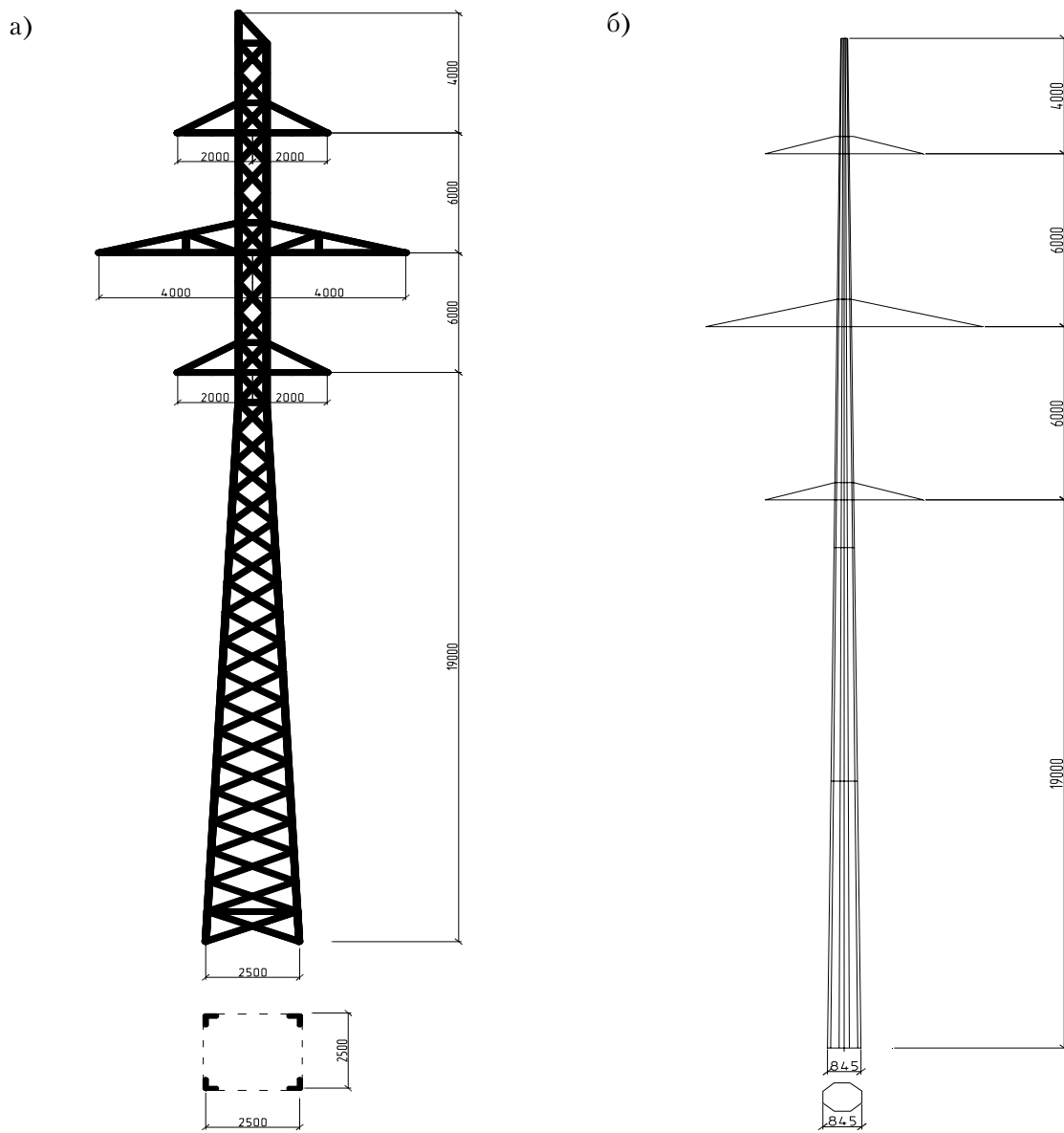


Рис. 2. Промежуточные двухцепные опоры: а) П-110-4 решетчатого исполнения; б) ПМС-110-4 на базе МГС.

### 1. Техничко-экономическое сравнение опор П-110-4 и ПМС-110-4

Сравнение эффективности применения опор по технико-экономическим показателям проводилось между промежуточными опорами типа П-110-4 (решетчатого исполнения) (рис. 1) и ПМС-110-4 (на базе МГС) (рис. 2), изготовленными из стали С245. Опоры 2-х цепные, применяются для линий класса напряжения 110 кВ и подвеса проводов марки АС120-АС240 при габаритном пролете до 275 м.

Сравнение проводилось по следующим критериям:

1. Вес конструкций опор:

$$G_{\text{реш}} = 3,856 \text{ т}$$

$$G_{\text{мгс}} = 3,45 \text{ т}$$

2. Стоимость опор «в деле»:

$$C_{\text{в деле}} = C_{\text{привед. затр.}} + C_{\text{монт.}} + C_{\text{экспл.}}$$

$$C_{\text{привед. затр.}} = C_{\text{матер.}} + C_{\text{изгот.}} + C_{\text{оцинк.}}$$

$$C_{\text{экспл.}} = C_{\text{оцинк.}}$$

3. Удельная стоимость опор на 1 тонну конструкций:

$$C_{\text{уд.}} = C_{\text{в деле}} / G.$$

$$\frac{G_{\text{МГС}}}{G_{\text{РЕШ}}} = 0,89(11\%); \quad \frac{G_{\text{ВДЕЛЕ}}^{\text{МГС}}}{G_{\text{ВДЕЛЕ}}^{\text{РЕШ}}} = 0,76(24\%);$$

$$\frac{G_{\text{УДЕЛЬН.}}^{\text{МГС}}}{G_{\text{УДЕЛЬН.}}^{\text{РЕШ}}} = 0,85(15\%).$$

Таким образом, по основным технико-экономическим показателям опоры ПМС-110-4 на базе МГС превосходит опоры П-110-4 решетчатого исполнения, чем обуславливается эффективность ее применения в Украине. Сравнение по трудоемкости изготовления, монтажа и эксплуатации опор не производится, т.к. этот показатель не является определяющим в условиях нынешнего рынка Украины.

### 2. Положительные аспекты применения опор ВЛ на основе многогранных гнутых стоек

Кроме всего сказанного, применение опор на МГС имеет еще ряд важных положительных особенностей в сравнении с решетчатыми опорами. В частности:

- уменьшенный землеотвод, простота выполнения фундаментов, экологическая безопасность, простота утилизации и эстетичность, что позволяет размещать их в черте города с большой плотностью расположения зданий и высокой стоимостью земли;
- мировой опыт применения опор на МГС подчеркивает хорошие эксплуатационные характеристики: высокая надежность, отсутствие катастрофических разрушений при обрыве провода, стабильность характеристик опор на протяжении всего срока эксплуатации, низкая трудоемкость и текущие затраты по эксплуатации ВЛ;
- технологичность при транспортировке (перевозка обычным вагоном, транспортировка

Таблица 1. Техничко-экономическое сравнение опор типа П-110-4 и ПМС-110-4.

Тип опоры	Вес опоры, т	Стоим. мат-ла, тыс.грн.	Стоим. изгот., тыс.грн	Стоим. оцинк., тыс.грн	Стоим. монтаж, тыс.грн	Стоим. экспл., тыс.грн	Стоим. в деле, тыс.грн	Стоим. удельн., тыс.грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9
П-110-4 (решетч.)	3,856	18,90	19,70	9,64	38,59	9,64	96,47	25,0
ПМС-110-4 (МГС)	3,450	16,90	17,60	8,60	21,55	8,60	73,25	21,2

вертолетом в горные районы из-за сравнительно небольшой массы). Особенно актуально для Крыма и Карпат;

- повышенная гибкость конструкции стойки опоры уменьшает нагрузки в аварийном режиме;
  - слабая чувствительность к пучению основания за счет одного свайного фундамента;
  - огромная область применения (стойки опор, порталов, стойки под оборудование, опор контактной сети ж/д, горэлектротранспорта, опоры освещения, мачты сотовой связи и т.д.);
  - модульность конструкции позволяет использование модулей в качестве аварийного резерва для комплектации опор разных классов напряжения;
  - устранение возможности расхищения деталей опор (стоит одной из первых проблем в электроэнергетической отрасли Украины).
- Стальные многогранные опоры также могут быть использованы:
- при новом строительстве ВЛ;
  - при реконструкции и техническом перевооружении действующих линий, в том числе при замене ж/б опор без изменения расстояния между опорами;
  - при капитальном ремонте ВЛ;
  - в качестве опор мобильного аварийного резерва.

### 3. Результаты проведенных исследований и план проведения дальнейших экспериментальных исследований

На сегодняшний день в Украине нет современной нормативной литературы по расчету и проектированию конструкций на основе МГС, поэтому действующей нормативной базой является Пособие (к СНиП II-23-81\*) по расчету и проектированию электросетевых конструкций [2]. Это пособие базируется на ручном методе расчета (так называемый «метод прогонки в 3 этапа») с учетом геометрической нелинейности конструкции. Современные программные комплексы (например, SCAD) позволяют производить расчет таких стоек как конечно элементных конструкций. В нашем случае был произведен расчет осветительных опор китайского произ-

водства, которые выполнены в виде 8-гранных конструкции на базе МГС марки KDV высотой 7,5 м и 10,5 м двумя вышеперечисленными методами. Расхождение в результатах получилось в районе 13-16%. Поэтому было принято решение изучить действительное НДС экспериментальным путем. Экспериментальные исследования будут вестись в 2 этапа:

1. Эксперимент на модели МГС в лабораторных условиях.
2. Эксперимент с использованием натуральных конструкций.

Экспериментальная модель для лабораторных исследований представляет собой фрагмент многогранной стойки (8 граней) высотой 2 м и диаметром 300 мм, жестко сопряженная с опорной плитой толщиной 16 мм.

На основе проведенных исследований будет выбрана одна из методик расчета, как целесообразная для применения в случае с МГС.

### Заключение

Кроме вышеперечисленных плюсов при использовании опор на базе МГС, существует ряд существенных недостатков, таких как:

- конструктивные недостатки, связанные с неэффективностью сечения МГС и его несоответствием величинам воздействующих нагрузок, что приводит к перерасходу стали;
- монтажные недостатки, составляющие сложности и неудобства при выполнении тяжелых работ и работ по установке опор;
- эксплуатационные недостатки, связанные с невозможностью подъема на опору без специальных приспособлений и с наличием замкнутых непрветриваемых полостей.

Выявленные недостатки МГС при их использовании в качестве опор ВЛ устраняются путем размыкания сплошного сечения с введением в конструкцию МГС планок или раскосов, что позволит недопустить перерасход стали, позволит обслуживающему персоналу без труда подниматься на опору и производить необходимые работы по ремонту, а также упростить и ускорить монтаж опор, вследствие чего уменьшатся сроки и стоимость строительства ВЛ.

### Выводы

1. Широкое применение конструкций на основе МГС во многих странах мира и наличие существенных положительных особенностей возвращает в Украину интерес к этим конструкциям.
2. Предлагаемое использование опор ВЛ на основе МГС более экономически выгодно, то есть характеризуется сниженным расходом материалов и ценовым соотношением с традиционными решетчатыми опорами.
3. Для выбора рационального метода расчета конструкций на основе МГС необходимо проведение экспериментального исследования по изучению напряженно-деформированного состояния.
4. Недостатки многогранных гнутых конструкций легко устраняются размыканием сплошного сечения, с введением в него планок и решетки.

### Литература

1. СНиП II-23-81\*. Нормы проектирования. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.
2. Пособие по проектированию стальных конструкций опор воздушных линий (ВЛ) электропередачи и открытых распределительных устройств (ОРУ) подстанций напряжением выше 1 кВ (к СНиП II-23-81\*). – М.: Энергосетьпроект Минэнерго СССР, 1989. – 72 с.
3. Правила улаштування електроустановок, глава 2.5 «Повітряні лінії електропередавання напругою вище 1кВ до 750кВ». – К.: «ГРІФЕ» Мінпаліверенго України, 2006. – 125 с.
4. Андриевский В.Н. и др. Эксплуатация воздушных линий электропередачи. Издание 2-е, дополненное и переработанное. – М. –Л.: Издательство «Энергия», 1966. – 624 с.
5. ДБН В.1.2: 2006 «Нагрузки и воздействия». Нормы проектирования.–К.: Минстрой Украины, 2006. –61 с.
6. Горохов Е.В., Мушанов В.Ф., Васылев В.Н. Обследование и испытание несущих конструкций зданий и сооружений. Учебное пособие. – К.: - УМК ВО, 1991. – 56 с.
7. Материалы I и II международных конференций «Многогранные гнутые стойки». – Кременец (Николаевка), 2006-07.– 370 с.
8. Гунгер Ю.Р., Пивчик И.Р. Разработка новых конструкций опор ВЛ из гнутых металлических профилей нетрадиционных форм// Электрические станции. – М.; 2003. – №3.– С. 48-50.
9. IEC 60826 Design criteria of overhead transmission lines/. Ed.: 3.2002. – 186 p.
10. CIGRE, Working Group B2.15 “Consultations Model for Overhead Power Lines Projects”, #274, Paris, 2005.
11. CIGRE, Working Group B2.06 “The influence of line configuration on environment impacts of electrical origin”, #278, Paris, 2005.
12. Investigation Project “Upraiting of Transmission Lines 110 kV in the Canadian Power System”, ALSTOM, January 2002.
13. G. Spate “Regulation in field of overhead power lines and their foundation in study Committee 22. 23<sup>rd</sup> Symposium Juko CIGRE, May 1997. – 15 p.
14. International electronic vocabulary IEC with therms, Toronto: 1996. – 310 p.

**Василев Володимир Миколайович** є доцентом кафедри «Металеві конструкції», начальником лабораторії випробування будівельних конструкцій та споруд (ЛВБКтаС). Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи металевих конструкцій.

**Гаранжа Ігорь Михайлович** є аспірантом кафедри «Металеві конструкції». Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи ґратчастих та багатограних листових опор повітряних ліній електропередавання.

**Васылев Владимир Николаевич** являється доцентом кафедри «Металлические конструкции», начальник лабораторії испытання строительных конструкций и сооружений (ЛИСКиС). Научные интересы: изучение действительной работы металлических конструкций.

**Гаранжа Игорь Михайлович** являється аспірантом кафедри «Металлические конструкции». Научные интересы: изучение действительной работы решетчатых и многогранных листовых опор воздушных линий электропередачи.

**Vasylev Vladimir Nikolaevich** is an Associate professor of Department «Metal Structures», Head of the Laboratory of Tasting Building Structures & Constructions” (LTBS&C). Scientific interests: study of a useful capacity of metal structures.

**Garanzha Igor Mikhailovich** is a post-graduate of Department «Metal Structures». Scientific interests: study of a useful capacity of overhead power line lattice towers.