

УДК 624.014:725

**И. М. ГАРАНЖА, А. В. ТАНАСОГЛО, С. Н. БАКАЕВ, Э. А. ЛОЗИНСКИЙ, С. А. ФОМЕНКО**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТРУБОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

В статье рассматриваются перспективы применения трубобетонных конструкций на основе металлических многогранных стоек для опор воздушных линий электропередачи (ВЛ). В качестве заполнителя ствола опор возможно применять самоуплотняющиеся бетонные смеси с суперпластификаторами вместо классического тяжелого бетона. Приводятся результаты предварительного технико-экономического анализа применения трубобетонных стоек для опор воздушных линий.

**воздушная линия, трубобетонные конструкции, многогранная стойка, бетонная смесь**

### **АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ**

Давно известные железобетонные, деревянные и металлические решетчатые опоры, а также со сравнительно недавнего времени и опоры на основе металлических многогранных стоек имеют свои достоинства и недостатки как конструктивные, так и экономические. В связи с чем перед проектировщиками постоянно стоит вопрос о применении тех или иных проектных решений. Кроме того, все большую актуальность приобретают вопросы надежности и долговечности, которые определяют эффективность работы современных ВЛ и стабильность передачи электроэнергии потребителям.

Безусловно, решение вышеупомянутой задачи невозможно без широкого использования на ВЛ новых технологий и материалов таких, как трубобетонные конструкции, т. к. современные технические требования к конструкциям нового поколения предусматривают повышение сроков службы, снижение трудоемкости строительства и затрат на их эксплуатацию.

### **ОСОБЕННОСТИ ТРУБОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ**

Использование новых технологий и материалов на ВЛ в данной статье означает применение трубобетонных конструкций на основе уже апробированных на практике металлических многогранных стоек [1]. Возможные конструктивные решения трубобетонных опор:

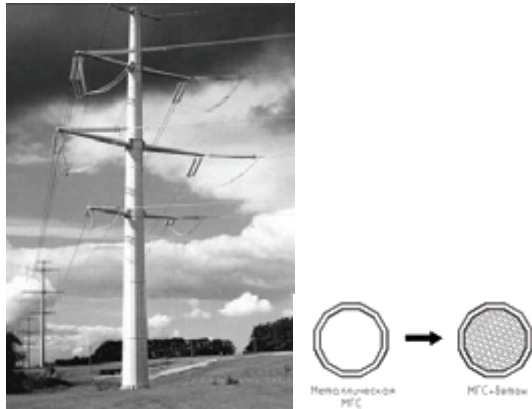
- а) металлический многогранный ствол опоры ВЛ, заполненный бетоном (рис. 1);
- б) решетчатая сталебетонная опора: пояса и решетка из прямоугольных или круглых труб, заполненных бетоном (рис. 2).

Перспективность применения трубобетона в электросетевом строительстве в первую очередь связана с их конструктивными особенностями, которые выражаются в сочетании достоинств и недостатков совместной работы двух материалов: стали и бетона [2].

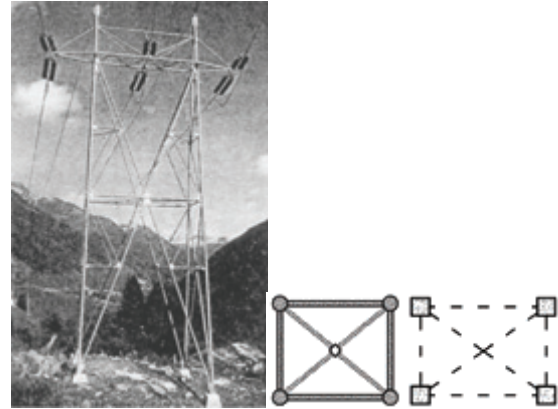
В качестве наиболее возможного недостатка трубобетонных опор, наверное, следует выделить снижение их гибкости, особенно в сравнении с опорами на основе металлических МГС, что в свою очередь может отразиться на качестве их работы в аварийных режимах (при обрыве провода или грозозащитного троса).

Очень важной особенностью трубобетонных конструкций в целом и для электросетевых конструкций в частности является их изготовление (технология бетонирования). Рассматривая в качестве базиса МГС, имеющих форму усеченного конуса, можно сделать вывод о практической невозможности их бетонирования в заводских условиях. Поэтому на сегодняшний день единственным

© И. М. Гаранжа, А. В. Танасогло, С. Н. Бакаев, Э. А. Лозинский, С. А. Фоменко, 2016



**Рисунок 1** – Опора на основе МГС ВЛ 220 кВ с перспективной модификации в трубобетонную стойку.

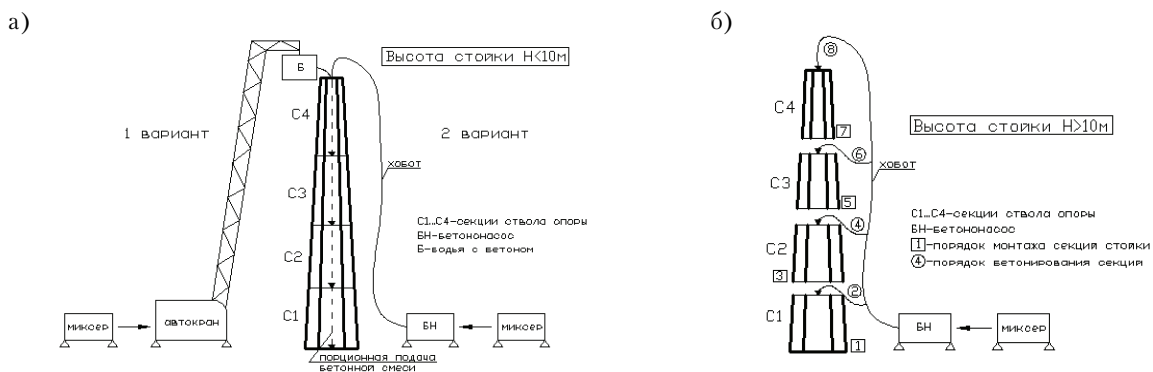


**Рисунок 2** – Решетчатая опора ВЛ 150 кВ из трубобетонных элементов (CFST).

возможным вариантом изготовления трубобетонных опор ВЛ является их непосредственное бетонирование в процессе монтажа [3, 4].

В качестве достоинств предлагаемого материала следует выделить: качественное заполнение внутренней полости МГС; отсутствие необходимости в вибрировании при монтаже; снижение сроков строительства.

В зависимости от высотных характеристик конструкций опор технологические схемы их бетонирования подразделяются на бетонирование целиком смонтированного ствола из МГС для опор высотой до 10 м (рис. 3а) и посекционное бетонирование для опор высотой свыше 10 м (рис. 3б).



**Рисунок 3** – Способы бетонирования ствола опоры: а) при высоте стойки  $H \leq 10$  м; б) при высоте стойки  $H > 10$  м.

### ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРЕДЛАГАЕМЫХ ТРУБОБЕТОННЫХ ОПОР

Естественно, что когда речь заходит о перспективности применения новых конструкций, то необходимо обоснование не только их технической состоятельности для применения их, особенно в стратегическом классе конструкций как опоры ВЛ, а и их экономической целесообразности.

В первом приближении технико-экономическое сравнение выполнено по критериям материалоемкости и стоимости изготовления конструкций для нескольких типов стоек под опоры ВЛ. Все рассматриваемые варианты принимались с одинаковыми геометрическими параметрами (высоты и поперечного сечения).

Для сравнения приняты следующие варианты:

- бетонная центрифугированная стойка СК22 (тип 1);
- металлическая многогранная стойка (тип 2);
- МГС с самоуплотняющейся смесью (тип 3);
- МГС «кольцо в кольце» с самоуплотняющейся смесью (тип 4).

При расчете вышеупомянутых технико-экономических критериев приняты расценки заводов-изготовителей в гривнах по состоянию на 15.12.2013 года (табл.).

Таблица – Сравнительные технико-экономические характеристики стоек

Тип стоек	Необходимая толщина стенки, мм	Марка стали, класс бетона	Материалоемкость		Стоимость изготовления, грн.	$\Delta_{\text{теж}}$ , %
			сталь, кг	бетон, м <sup>3</sup>		
1	–	B40 BСт3	571,1	2,517	20 000	–
2	3...6	C245	1 491,6	–	29 920	33,1
3	3...4	C245 B12,5	0,91	4,98	21 470	6,8
4	2	C245 B12,5	1 938,9	1,63	39 862	100

Сравнение показало:

- применение трубобетонных стоек любого типа существенно снижает металлоемкость конструкции;
- для конструкции типа 3 снижение металлоемкости сопровождается абсолютно незначительным удорожанием в сравнении с железобетонной стойкой СК-22 и ощутимым удешевлением в сравнении с пустотелым МГС;
- для конструкции типа 4 при значительном снижении металлоемкости ( $\approx$  в 3 раза) происходит существенное удорожание в сравнении с остальными конструктивами ( $\approx$  в 2 раза).

## ВЫВОДЫ

Предлагаемые трубобетонные решения опор на основе МГС позволяют создать базу для модификации воздушных линий в городских и промышленных районах. Использование самоуплотняющихся бетонных смесей в качестве заполнителя опор ВЛ позволит сократить трудоемкость и стоимость их монтажа и соответственно повысить качество конструкций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Eggemann, H. Simplified Design of Composite Columns, Based on a Comparative Study of the Development of Building Regulations in Germany and the United States [Текст] / H. Eggemann // Industrial Journal. – Berlin, 2003. – No. 2. – P. 11–23.
2. Стороженко, Л. І. Сталезалізобетонні конструкції [Текст] / Л. І. Стороженко, О. В. Семко, В. Ф. Пенц. – Полтава : ПолНТУ, 2005. – 182 с.
3. Зайченко, Н. М. Тонкозернистая сухая бетонная смесь наливного типа с комбинированным органо-минеральным модификатором на основе отходов промышленности [Текст] / Н. М. Зайченко, В. Н. Губарь, Е. А. Белый // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2011. – Вип. 2011-1(85). – С. 63–72.
4. Зайченко, Н. М. Самоуплотняющиеся бетоны, дисперсноармированные полимерными волокнами [Текст] / Н. М. Зайченко, С. В. Лахтарина // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : Зб. наук. праць. – Рівне : НУВГП, 2011. – Вип. 22. – С. 63–70.

Получено 01.03.2016

І. М. ГАРАНЖА, А. В. ТАНАСОГЛО, С. М. БАКАЄВ, Е. О. ЛОЗИНСЬКИЙ,  
С. О. ФОМЕНКО

ЗАСТОСУВАННЯ ТРУБОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ В  
ЕЛЕКТРОМЕРЕЖЕВОМУ БУДІВНИЦТВІ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглядаються перспективи застосування трубобетонних конструкцій на основі металевих багатограних стояків для опор повітряних ліній електропередавання (ПЛ). Як заповнювач стовбура опор можливо застосовувати бетонні суміші із суперпластифікаторами, що самоущільнюються, замість класичного важкого бетону. Наведено результати попереднього техніко-економічного аналізу застосування трубобетонних стояків для опор повітряних ліній.

**повітряна лінія, трубобетонні конструкції, багатограний стояк, бетонна суміш**

IGOR GARANZHA, ANTON TANASOGLO, SERGII BAKAYEV, EDUARD  
LOZINSKYI, SERAFIM FOMENKO  
APPLICATION OF PIPE-CONCRETE STRUCTURES IN THE POWER GRID  
CONSTRUCTION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

In article it has been considered application prospects composite structures on basis steel polygonal poles basis for supports of overhead power transmission lines (OPTL). As a trunk filler of supports we can probably apply self-condensed concrete mixes with superplasticizers instead of a classical concrete. Results of the preliminary technical - economic analysis of application composite poles for OPTL supports have been given.  
**overhead power transmission line, pipe-concrete structures, polygonal pole, concrete mix**

**Гаранжа Ігор Михайлович** – к. т. н., доцент кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи металевих ґратчастих, багатограних листових і трубобетонних опор повітряних ліній електропередавання (ПЛ). Створення нових конструктивних рішень опор ВЛ із застосуванням прогресивних технологій і матеріалів.

**Танасогло Антон Володимирович** – к. т. н., доцент кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність та оптимальне проектування конструкцій повітряних ліній електропередачі та антенних опор. Вивчення дійсної роботи металевих ґратчастих конструкцій баштового типу.

**Бакаєв Сергій Миколайович** – к. т. н., доцент кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: забезпечення надійної роботи і довговічності конструкцій опор повітряних ліній, порталів і стійок під обладнання відкритих розподільчих пристроїв електричних підстанцій в умовах підвищення потужностей енергоспоживання та з урахуванням умов і відмінностей їх експлуатації, проектування конструкцій з гарантованими показниками довговічності.

**Лозинський Едуард Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент; завідувач кафедри архітектури промислових і цивільних будівель Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток методики оцінки вітрового впливу на будівлі, споруди та їх комплекси, удосконалення методик моделювання натурних і модельних випробувань будівель та споруд на вітрове навантаження.

**Фоменко Серафим Олександрович** – магістр будівництва, асистент кафедри теоретичної і прикладної механіки Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток загальної методики динамічних розрахунків елементів будівельних конструкцій та пошук раціональних способів гашення коливань.

**Гаранжа Ігорь Михайлович** – к. т. н., доцент кафедри металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: изучение действительной работы металлических решетчатых, многогранных листовых и трубобетонных опор воздушных линий электропередачи. Создание новых конструктивных решений опор ВЛ с применением прогрессивных технологий и материалов.

**Танасогло Антон Владимирович** – к. т. н., доцент кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: эксплуатационная надежность и оптимальное проектирование конструкций воздушных линий электропередачи и антенных опор. Изучение действительной работы металлических решетчатых конструкций башенного типа.

**Бакаев Сергей Николаевич** – к. т. н., доцент кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: обеспечение надежной работы и долговечности конструкций опор воздушных линий, порталов и стоек под оборудование открытых распределительных устройств электрических подстанций в условиях повышения мощностей энергопотребления и с учетом условий и различий их эксплуатации, проектирования конструкций с гарантированными показателями долговечности.

**Лозинский Эдуард Александрович** – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой архитектуры промышленных и гражданских зданий Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие методики оценки ветровых воздействий на здания, сооружения и их комплексы, совершенствование методик моделирования натурных и модельных испытаний зданий и сооружений на ветровое давление.

**Фоменко Серафим Александрович** – магистр строительства, ассистент кафедры теоретической и прикладной механики Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие общей методики динамических расчетов элементов строительных конструкций и поиск рациональных способов гашения колебаний.

**Garanzha Igor** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of the valid work steel trellised, polygonal and composite supports of overhead power lines. Creation new constructive decisions of OHPL supports with application progressive technologies and materials.

**Tanasoglo Anton** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: operational reliability and optimal design of overhead power transmission line and antenna support structures. Studying of the valid work of metal lattice tower supports.

**Bakayev Sergii** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor; Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reliable operation supply and durability of the transmission line supports structures, portal frames and pillars underneath the equipment of outdoor switchgears of electric substation in terms of the power consumption stepping up and with regards to the conditions and distinctions of their operation, structural designing work with the guarantee indices of durability.

**Lozinskyi Eduard** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor; the Head of the Architecture of Industrial and Civil Buildings Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of method estimation of wind effects on buildings, construction and their complexes, perfection of methods modelling of full scale and modelling tests of wind loads on buildings and structures.

**Fomenko Serafim** – Master in Engineering, assistant, Theoretical and Applied Mechanics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of the general dynamic design technique of building structure elements and search for the rational ways of vibration damping.