



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

**МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ**  
**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ**  
**METAL CONSTRUCTIONS**

2012, ТОМ 18, НОМЕР 1, 41–48

УДК 624.97

(12)-0257-1

## **УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ПОЧАТКОВОГО НАТЯГНЕННЯ ВІДТЯЖОК ЩОГЛ**

**В. В. Губанов, І. В. Межинська**

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,  
вул. Державіна, 2, м. Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.  
E-mail: vadvy@dgasa.dn.ua, ira.meginskaya@yandex.ua*

*Отримана 16 січня 2012; прийнята 24 лютого 2012.*

**Анотація.** Стаття присвячена питанням розрахунку початкових натягнень відтяжок щогл стільникового зв'язку. Виконаний аналіз вимог і рекомендацій, що містяться в сучасній технічній літературі і технічній літературі минулих років про споруди зв'язку. Виконано зіставлення положень вітчизняних і зарубіжних стандартів для розрахунку висотних споруд відносно напрямів вітру і поєднань навантажень, які необхідно розглядати при розрахунку щогл. Викладені результати вдосконалення методики розрахунку початкового натягнення відтяжок щогл. Методика заснована на розв'язанні рівняння нерозривності пружної лінії, а також рівняння гнучкої нитки і рівнянь статички. Спрощені розрахункові формули дозволяють виконувати розрахунок з меншими трудовитратами і широко використовувати методику в інженерних розрахунках для щогл стільникового зв'язку. Методика розрахунку проілюстрована на прикладі розрахунку початкових натягнень тригранної щогли з трьома рівнями відтяжок, розташованої на даху будівлі, при різних напрямках вітру і сполученнях навантажень.

**Ключові слова:** щогла, початкове натягнення відтяжок, напрям вітру, сполучення навантажень.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА НАЧАЛЬНОГО НАТЯЖЕНИЯ ОТТЯЖЕК МАЧТ**

**В. В. Губанов, И. В. Межинская**

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,  
ул. Державина, 2, г. Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.  
E-mail: vadvy@dgasa.dn.ua, ira.meginskaya@yandex.ua*

*Получена 16 января 2012; принята 24 февраля 2012.*

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам расчета начальных натяжений оттяжек мачт содовой связи. Выполнен анализ требований и рекомендаций, содержащихся в современной технической литературе и технической литературе прошлых лет о сооружениях связи. Выполнено сопоставление положений отечественных и зарубежных стандартов по расчету высотных сооружений относительно направлений ветра и сочетаний нагрузок, которые необходимо рассматривать при расчете мачт. Изложены результаты совершенствования методики расчета начальных натяжений оттяжек мачт. Методика основана на решении уравнения неразрывности упругой линии, а также уравнения гибкой нити и уравнений статички. Упрощенные расчетные формулы позволяют выполнять расчет с меньшими трудовыми затратами и широко использовать методику в инженерных расчетах для мачт содовой связи. Методика расчета проиллюстрирована на примере расчета начальных натяжений трехгранной мачты с тремя уровнями оттяжек, расположенной на крыше здания, при различных направлениях ветра и сочетаниях нагрузок.

**Ключевые слова:** мачта, начальное натяжение оттяжек, направление ветра, сочетания нагрузок.

## PERFECTION OF THE MAST GUYS INITIAL TENSIONS DESIGN PROCEDURE

Vadim Gubanov, Irina Meginskaya

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,*

*2, Derzhavina Str., Makiivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.*

*E-mail: vadvy@dgasa.dn.ua, ira.meginskaya@yandex.ua*

*Received 16 January 2012; accepted 24 February 2012.*

**Abstract.** In the article the questions of calculation of the initial tensions of cellular communication mast guys are examined. The analysis of requirements and the recommendations containing in the modern technical literature and the technical literature of last years about constructions of communication are made. Comparison of the regulations of domestic and foreign standards by calculation of high constructions concerning directions of a wind and combinations of loadings which are necessary for considering at calculation of masts is executed. Perfection results of a design procedure of initial tension of masts guys are stated. The method is based on the decision of the equation of the equation of an elastic line, and also the equation of a flexible thread and the statics equations. The simplified formulas allow to carry out calculation with smaller work expenditures and widely to use a method in engineering calculations for cellular communication guyed masts. The design procedure is illustrated on an example of calculation of initial tension of a trihedral guyed mast with three levels of the guys, located on a building roof, at various directions of a wind and combinations of loadings.

**Keywords:** guyed mast, guys initial tension, direction of a wind, combination of loadings.

### Введение

По всему миру и в том числе на территории Украины широко распространена сеть мобильной телефонной связи и беспроводного интернета и продолжает охватывать все новые территории. Обеспечение населения качественной телефонной, радио- связью и источниками информации имеет в настоящий момент важное значение, так как беспроводная связь при современном высоком уровне развития общества является предметом первой необходимости. В качестве опорных конструкций для размещения антенн сотовой связи применяются легкие металлические мачты, они имеют небольшие габариты по сравнению с высокими теле- и радиомачтами дальнего вещания [1, 2, 3, 4, 5], а следовательно и ряд других особенностей, при этом достигают высоты 70 м.

В настоящее время в Украине отсутствуют нормативные документы по расчету и конструированию мачт мобильной связи и техническая литература, в которой бы освещались многочисленные особенности данного типа конструкций и содержались систематизированные данные и результаты опыта эксплуатации, необходимые для понимания действительной

работы и качественного проектирования этих опор.

В то же время в данном направлении уже проводятся многочисленные научные исследования, а проектными организациями уже накоплен определенный опыт эксплуатации мачт сотовой связи. Так, в работах С. Ф. Пичугина, А. В. Махинько [6] уделяется внимание уточнению величины ветровой нагрузки на решетчатые опоры. В работах С. В. Турбина, Ю. П. Некрасова [7] также широко исследовались принципы определения нагрузок и воздействий на антенно-мачтовые сооружения. Геодезические методы определения вертикальности мачт развиваются М. И. Лобовым, А. С. Чирвой [8]. В отдельных работах приводятся данные о характерных дефектах башен и мачт [9]. Исследования проводятся и другими учеными.

Однако нигде в современной литературе не уделяется внимание такому важному параметру мачты, как начальное натяжение оттяжек. Вместе с тем, в результате проведения натурных обследований мачт сотовой связи в г. Донецк, Макеевка, Горловка установлено, что одним из наиболее распространенных дефектов, допущенных при проектировании, является

отсутствие в проектной документации указаний о величинах монтажных натяжений оттяжек. Такой дефект встречался у 70 % обследованных мачт (всего было обследовано 20 объектов). Таким образом, при отсутствии каких-либо указаний в проекте, уже непосредственно на строительной площадке монтажные натяжения задавались случайным образом. При этом лишняя (неоправданная) нагрузка на фундаменты мачты исчислялась в тоннах, что совершенно недопустимо, так как здания, на крышах которых располагаются опоры, не имеют дополнительного запаса прочности для этого перенапряжения.

В проектах же, где есть указания о предварительных натяжениях, их величины назначались одинаковыми для всех уровней оттяжек, и для различных геометрических схем сооружений. Можно сделать вывод о том, что в проектах натяжения задавались случайным образом, а затем, в соответствии с их принятыми значениями, вычислялись усилия в элементах мачты в расчетных программах SCAD, Лира [10]. При этом не обеспечивалась равномерная эпюра изгибающих моментов в стволе [11, 12] и зачастую напряжения в оттяжках были завышены.

Причиной этому является отсутствие до сих пор в литературе простой и ясной методики расчета начальных натяжений оттяжек. В работах А. Г. Соколова [2] приведена методика расчета начальных натяжений, однако она представлена в сложном для восприятия виде. Расчетные формулы перегружены коэффициентами, которые уже утратили свое значение. В уравнениях содержится коэффициент, учитывающий отношения ветровой нагрузки на канат к силам тяжести. При различных загрузках и расчетных схемах этот коэффициент выражается через сложные тригонометрические функции. В силу современного уровня развития средств ЭВМ появилась возможность их значительно упростить.

В различных источниках имеются отличные рекомендации относительно расчетных направлений ветра. Согласно методике, изложенной в [1], рассматриваются три направления ветра для трехгранных мачт и два – для четырехгранных, как рекомендуется и в канадских нормах. Согласно методике, изложенной в [2], при

расчете узла оттяжек рассматриваются направления ветра для четырехгранных мачт под углами 45 и 90° к грани, для трехгранных мачт – под углами 30 и 90° к грани. Согласно [13], для трехгранных стволов должны рассматриваться, по крайней мере, три направления ветра: под углом 30, 60 и 90° к каждой грани ствола, для четырехгранных – под углами 45 и 90°.

Способ расчета предварительных натяжений основан на решении уравнения неразрывности упругой линии, вывод которого изложен в трудах С. П. Тимошенко [14], а также уравнения гибкой нити и уравнений статики. Расчет предварительных натяжений выполняется в два этапа:

1. Определение перемещений и реакций оттяженных узлов ствола при заданной равномерно распределенной по длине ствола эпюре изгибающих моментов и заданном отклонении верхнего оттяженного узла (используются уравнения неразрывности упругой линии и уравнения равновесия узла).

2. Определение соответствующих начальных натяжений, а также напряжений в оттяжках и перемещений опорных узлов ствола при различных нагрузках (используются уравнения гибкой нити и уравнения статики).

Целью данной работы является совершенствование методики расчета натяжений в оттяжках и перемещений опорных узлов ствола при различных сочетаниях нагрузок.

### Расчетные направления ветра

В данной методике обобщим существующие рекомендации и будем рассматривать такие направления ветра (рис. 1):

для трехгранной мачты:

- а) под углом  $\gamma = 30^\circ$  к грани ствола (схема I);
- б) под углом  $\gamma = 90^\circ$  к грани ствола (схема II);
- в) под углом  $\gamma = 60^\circ$  к грани ствола (схема III);

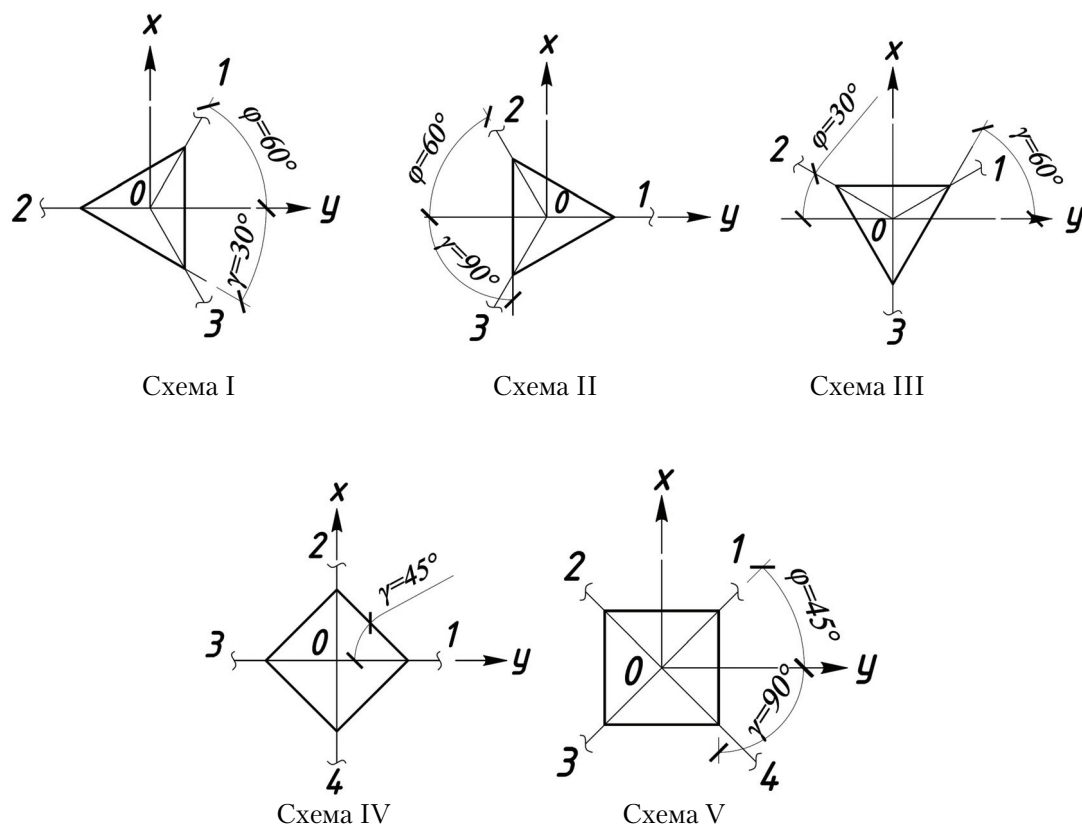
для четырехгранной мачты:

- г) под углом  $\gamma = 45^\circ$  к грани ствола (схема IV);
- д) под углом  $\gamma = 90^\circ$  к грани ствола (схема V).

### Расчетные сочетания нагрузок

Рассматриваются расчетные сочетания нагрузок:

1. Ветер при среднегодовой температуре воздуха.



**Рисунок 1.** Схемы направлений действия ветра:  $\gamma$  – угол между направлением ветра и наветренной гранью ствола;  $\varphi$  – угол между направлением ветра и осью оттяжки; ось  $y$  – ветер действует в направлении оси  $y$ ; 1, 2, 3, 4 – номера осей симметрии сечения, соответствующие номерам оттяжек в плане.

2. Ветер, гололед и среднегодовая температура.
3. Ветер, гололед при расчетном значении температуры в холодный период года.
4. Ветер при предельном расчетном значении температуры в холодный период года.
5. Ветер при предельном расчетном значении температуры в теплый период года.
6. Отсутствие ветра и температура  $\pm 40^\circ \text{C}$  (для расчета монтажных натяжений).

В результате расчета по всем загрузкам необходимо выбрать максимальное требуемое значение натяжения в оттяжках, принять его и снова рассчитать параметры конструкции при всех загрузках и принятом начальном натяжении.

#### Система уравнений для расчета натяжений и перемещений оттяжек

В таблице 1 приведены усовершенствованные уравнения для расчета натяжений и перемещений оттяжек в зависимости от направления ветра для трех- и четырехгранной мачты.

Принятые обозначения:

- $y$  – это перемещение узла крепления оттяжек в направлении оси  $y$  (м);
- $\sigma_0, \sigma_i$  – требуемое начальное напряжение каната и напряжение в оттяжке при действии нагрузки ( $\text{H}/\text{м}^2$ );
- $i$  – номер оттяжки в плане;
- $A, \Phi$  – параметры, зависящие от объемного веса каната, длины хорды оттяжки, модуля продольной упругости оттяжки, угла наклона оттяжки к горизонту;
- $\alpha$  – коэффициент линейного температурного расширения оттяжки ( $1/^\circ \text{C}$ );
- $t$  – температура ( $^\circ \text{C}$ );
- $\beta$  – угол наклона оттяжки к горизонту;
- $F$  – опорная реакция узла крепления оттяжки при действии нагрузки (Н).

#### Результаты расчета

По изложенной методике рассчитана трехгранная мачта высотой 22 м с тремя уровнями от-

Таблица 1. Уравнений для расчета натяжений и перемещений оттяжек

№ схемы	Уравнения равновесия гибкой нити	Уравнения равновесия узла
I	$y = \Phi \cdot \left( \sigma_2 - \frac{A_2}{\sigma_2^2} + \alpha E(t - t_0) - \left( \sigma_0 - \frac{A_0}{\sigma_0^2} \right) \right)$ $-y = \frac{\Phi}{\cos 60^\circ} \cdot \left( \sigma_{1,3} - \frac{A_{1,3}}{\sigma_{1,3}^2} + \alpha E(t - t_0) - \left( \sigma_0 - \frac{A_0}{\sigma_0^2} \right) \right)$	$(\sigma_2 - 2 \cdot \cos 60^\circ \cdot \sigma_{1,3}) \cdot \cos \beta \cdot F = Q$
II	$y = \frac{\Phi}{\cos 60^\circ} \cdot \left( \sigma_{2,3} - \frac{A_{2,3}}{\sigma_{2,3}^2} + \alpha E(t - t_0) - \left( \sigma_0 - \frac{A_0}{\sigma_0^2} \right) \right)$ $-y = \Phi \cdot \left( \sigma_1 - \frac{A_1}{\sigma_1^2} + \alpha E(t - t_0) - \left( \sigma_0 - \frac{A_0}{\sigma_0^2} \right) \right)$	$(2 \cdot \cos 60^\circ \cdot \sigma_{2,3} - \sigma_1) \cdot \cos \beta \cdot F = Q$
III	$y = \frac{\Phi}{\cos 30^\circ} \cdot \left( \sigma_2 - \frac{A_2}{\sigma_2^2} + \alpha E(t - t_0) - \left( \sigma_0 - \frac{A_0}{\sigma_0^2} \right) \right)$ $-y = \frac{\Phi}{\cos 30^\circ} \cdot \left( \sigma_1 - \frac{A_1}{\sigma_1^2} + \alpha E(t - t_0) - \left( \sigma_0 - \frac{A_0}{\sigma_0^2} \right) \right)$	$(\sigma_2 - \sigma_1) \cdot \cos 30^\circ \cdot \cos \beta \cdot F = Q$
IV	$y = \Phi \cdot \left( \sigma_3 - \frac{A_3}{\sigma_3^2} + \alpha E(t - t_0) - \left( \sigma_0 - \frac{A_0}{\sigma_0^2} \right) \right)$ $-y = \Phi \cdot \left( \sigma_1 - \frac{A_1}{\sigma_1^2} + \alpha E(t - t_0) - \left( \sigma_0 - \frac{A_0}{\sigma_0^2} \right) \right)$	$(\sigma_3 - \sigma_1) \cdot \cos \beta \cdot F = Q$
V	$y = \frac{\Phi}{\cos 45^\circ} \cdot \left( \sigma_{2,3} - \frac{A_{2,3}}{\sigma_{2,3}^2} + \alpha E(t - t_0) - \left( \sigma_0 - \frac{A_0}{\sigma_0^2} \right) \right)$	$(\sigma_{2,3} - \sigma_{1,4}) \cdot \cos 45^\circ \cdot \cos \beta \cdot F = Q$

тяжек, расположенная в г. Донецке. Материал поясов – труба 50,0 × 3,5, материал решетки – круглая сталь диаметром 12 мм. Оттяжки равной длины, длина проекций оттяжек на горизонтальную плоскость 5,58 м. Длины пролетов ствола между закреплениями оттяжек  $l_1 = 8$  м,  $l_2 = 6$  м,  $l_3 = 6$  м, длина консольного участка  $l_4 = 2$  м. Оттяжки приняты из канатов диаметрами  $d_1 = 12$  мм,  $d_2 = 12$  мм,  $d_3 = 16,5$  мм, с площадями поперечных сечений соответственно  $A_1 = 0,000\,061\,92$  м<sup>2</sup>,  $A_2 = 0,000\,061\,92$  м<sup>2</sup>,  $A_3 = 0,000\,121\,24$  м<sup>2</sup>. Предварительно задаются начальные натяжения в оттяжках  $T_1 = 700$  Н,  $T_2 = 2\,700$  Н,  $T_3 = 16\,000$  Н. Общая геометрическая схема мачты приведена на рис. 2.

Ветровая нагрузка по участкам ствола  $q_1 = 550$  Н/м,  $q_2 = 600$  Н/м,  $q_3 = 2\,150$  Н/м,

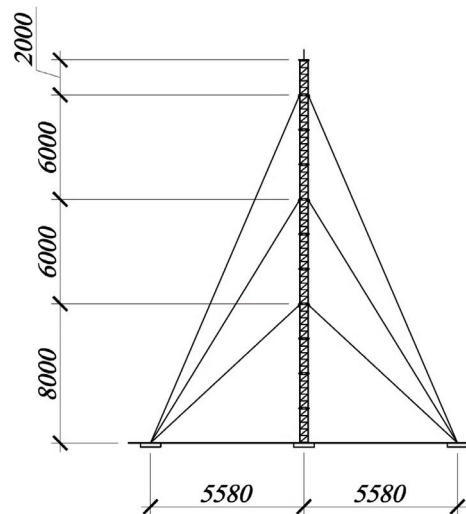


Рисунок 2. Общая геометрическая схема мачты.

$q_4 = 3\,000$  Н/м. Ветровая нагрузка на оттяжки  $W_1 = 7$  Н/м,  $W_2 = 8$  Н/м,  $W_3 = 9$  Н/м.

Ветровая нагрузка при гололеде по участкам ствола  $q_{r1} = 300$  Н/м,  $q_{r2} = 400$  Н/м,  $q_{r3} = 1\,200$  Н/м,  $q_{r4} = 1\,200$  Н/м. Ветровая нагрузка на оттяжки  $W_{r1} = 5$  Н/м,  $W_{r2} = 6$  Н/м,  $W_{r3} = 7$  Н/м. Продольная нагрузка от веса гололедных отложений в стволе  $N_r = 1\,000$  Н/м. Нагрузка от веса гололедных отложений на оттяжках  $G_{r1} = 20$  Н/м,  $G_{r2} = 20$  Н/м,  $G_{r3} = 20$  Н/м.

Перемещение верха ствола ограничено величиной  $y_i = H/100$  в соответствии с требованиями [15].

Полученные требуемые начальные натяжения оттяжек округлялись в большую сторону кратно 50 Н. Результаты расчета сведем в таблицу 2.

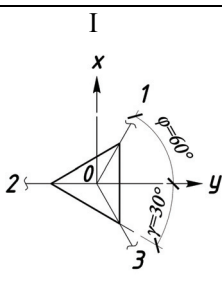
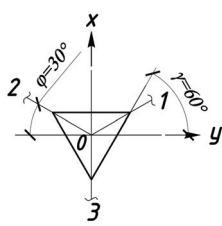
### Выводы

1. Выполнено совершенствование и уточнение существующей методики расчета начальных натяжений оттяжек мачт с учетом

различных направлений ветра и сочетаний нагрузок.

2. Для трехгранных мачт достаточно рассматривать два направления ветра по схемам I и III, так как расчеты при загрузках I и II дают одинаковые результаты.
3. При расчете натяжений оттяжек трехгранных мачт не следует рассматривать сочетание нагрузок № 3 (ветер, гололед при расчетном значении температуры в холодный период года), так как при этом сочетании нагрузок в оттяжках возникают усилия на 3–5 % меньше усилий при сочетании нагрузок № 2 (ветер, гололед и среднегодовая температура).
4. Максимальные усилия в оттяжках 1 и 2 уровня возникают в сочетании нагрузок № 2 (ветер, гололед и среднегодовая температура), максимальные усилия в оттяжках 3 уровня возникают при сочетании нагрузок № 5 (ветер при предельном расчетном значении температуры в теплый период года).

Таблица 2. Результаты расчета требуемых начальных натяжений

Номер схемы направления ветра	Номер уровня оттяжек	Номер расчетного сочетания нагрузок					
		1	2	3	4	5	6
I 	1	600	1300	1250	550	600	2750/ 950
	2	2500	3350	3200	2400	2800	4150/ 2950
	3	16000	7150	7050	15400	17000	18000/ 16350
III 	1	550	1200	1150	500	650	2400/ 850
	2	1850	2750	2700	1750	2100	3600/ 2500
	3	11250	5750	5700	10850	12150	13700/ 12350

## Литература

1. Савицкий, Г. А. Основы расчета радиомачт [Текст] / Г. А. Савицкий. – М. : Государственное издательство по вопросам связи и радио, 1953. – 275 с.
2. Соколов, А. Г. Опоры линий передач (расчет и конструирование) [Текст] / А. Г. Соколов. – М. : Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1961. – 171 с.
3. Воеводин, А. А. Шпренгельные радиомачты [Текст] / А. А. Воеводин. – М. : Радио и связь, 1981. – 175 с.
4. Smith, Brian W. Communication structures [Текст] / Brian W. Smith. – London : Thomas Telford Publishing, 2006. – 338 p.
5. Dynamic response of lattice towers and guyed masts [Текст] / [edited by Murty K. S. Madugula]. – Reston, Virginia : ASCE, 2002. – 266 p.
6. Пичугин, С. Ф. Нормирование ветровой нагрузки на решетчатые опоры в стандартах разных стран мира [Текст] / С. Ф. Пичугин, А. В. Махинько // Металлические конструкции. – 2009. – Том 15, № 4. – С. 237–252.
7. Турбин, С. В. Принципы определения нагрузок и воздействий на антенно-мачтовые сооружения [Текст] / С. В. Турбин, Ю. П. Некрасов // Материалы конференции «Многогранные гнутые стойки» / ОАО «ПРОМиК», ООО «Связьтехсервис». – Днепропетровск : Печатный салон «Мультипринт», 2006. – С. 73–96.
8. Лобов, М. И. Геодезические способы определения провеса оттяжек мачтовых сооружений [Текст] / М. И. Лобов, А. С. Чирва, С. С. Маликов // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2010. – Вип. 2010-4(84) : Матеріали ІХ Міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів. – С. 40–43.
9. Опыт обследования стальных высотных сооружений связи в Крыму [Текст] / В. П. Синцов, В. А. Митрофанов, А. В. Синцов, П. М. Емельянов // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2009. – Вип. 2009-4(78) : Баштові споруди: матеріали, конструкції, технології. – С. 8–12.
10. Перельмутер, А. В. SCAD OFFICE. Расчет мачт на обтяжках [Текст] / А. В. Перельмутер. – К. : SCAD Soft, 2004. – 46 с.
11. Губанов, В. В. Определение величины предварительного напряжения и площади поперечного сечения оттяжек для мачт высотой до 50 м [Текст] / В. В. Губанов, И. В. Межинская // Збірник тез доповідей й повідомлень VI Міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів / М-во освіти і науки України, ДонДАБА. – Макіївка : ДонНАБА, 2007. – С. 9.

## References

1. Savitsky, G. A. Grounds for radio masts design. Moscow: National Publishing House on Communication and Radio Problems, 1953. 275 p. (in Russian)
2. Sokolov, A. G. Transmission line supports (design and engineering). Moscow: National Publishing House on Civil Engineering, Architecture and Building Materials, 1961. 171 p. (in Russian)
3. Voyevodin, A. A. Subdiagonal radio masts. Moscow: Radio and communication, 1981. 175 p. (in Russian)
4. Smith, Brian W. Communication structures. London: Thomas Telford Publishing, 2006. 338 p.
5. Murty, K. S. (Ed.) Dynamic response of lattice towers and guyed masts. Reston, Virginia: ASCE, 2002. 266 p.
6. Pichugin, S. F.; Makhinko, A. V. Setting of wind loads on lattice towers in the standards of different countries of the world. In *Metal Constructions*, 2009, Том 15, No. 4, p. 237–252. (in Russian)
7. Turbin, S. V.; Nekrasov, Yu. P. Principles of loading calculation and influence on antenna mast structure. In *Conference material «Multisided Steel Pole»*. Dnepropetrovsk: Multiprint, 2006, p. 73–96. (in Russian)
8. Lobov, M. I.; Chyrva, O. S.; Malikov, S. S. Geodesic methods of determination of permanent guy sagging of mast structures. In *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2010, Vol. 2010-4(84): Materials IX International Scientific Conference of Young Scientists, Postgraduates and Undergraduates, p. 40–43. (in Russian)
9. Sintsov, V. P.; Mitrofanov, V. A.; Sintsov, A. V.; Emel'yanov, P. M. Experience of steel high-altitude constructions inspection of communication in the Crimea. In *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2009, Vol. 2009-4(78): Towers: building materials, structures, processes, p. 8–12. (in Russian)
10. Perelmuter, A. V. SCAD OFFICE. Valuation of tower for stretch forming. Kyiv: SCAD Soft, 2004. 46 p. (in Russian)
11. Gubanov, V. V.; Mezhinskaya, I. V. Determination of prestressing value and cross-section area of guys for masst up to 50 m high. In *Compendium of the VIth International Scientific Conference of Young Scientists, Postgraduates and Undergraduates*. Makiivka: DonNACEA, 2007, p. 9. (in Russian)
12. Gubanov, V. V.; Meginskaya, I. V. Determination of rational parameters of masts up to 30 meters high. In *Metal Constructions*, 2007, Том 13, No. 4, p. 203–209. (in Ukrainian)
13. Antennas, Towers, and Antenna-Supporting Structures. S37-01. Toronto: Canadian Standards Association, 2001. 118 p. (SCA Standard).
14. Timoshenko, S. P. Stability of elastic system. Moscow: IGIZGOSTEHIZDAT, 1946. 532 p. (in Russian).

12. Губанов, В. В. Визначення раціональних параметрів щогл висотою до 30 метрів [Текст] / В. В. Губанов, И. В. Межинская // Металеві конструкції. – 2007. – Том 13, № 4. – С. 203–209.
13. Antennas, Towers, and Antenna-Supporting Structures [Текст] : S37-01. – Toronto : Canadian Standards Association, 2001. – 118 p. – (SCA Standard).
14. Тимошенко, С. П. Устойчивость упругих систем [Текст] / С. П. Тимошенко. – М. : ИГИЗГОСТЕХИЗДАТ, 1946. – 532 с.
15. Строительные нормы и правила. Часть II. Нормы проектирования. Глава 23. Стальные конструкции [Текст] : СНиП II-23-81\*. – [Действующий с 14 августа 1981 г.] – М. : Центральный институт типового проектирования, 1991. – 96 с.

**Губанов Вадим Вікторович** – доцент кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Член Інституту Інженерів Будівельників (The Institution of Civil Engineers, Великобританія). Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, розрахунок та проектування висотних споруд.

**Межинська Ірина Валеріївна** – асистент кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, розрахунок та проектування висотних споруд.

**Губанов Вадим Викторович** – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Член Института Инженеров Строителей (The Institution of Civil Engineers, Великобритания). Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, расчет и проектирование высотных сооружений.

**Межинская Ирина Валерьевна** – ассистент кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, расчет и проектирование высотных сооружений.

**Gubanov Vadim** – PhD (Eng.), Associate Professor of the Metal Structures Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. He is a member of The Institution of Civil Engineers, Great Britain. His research interests include the reliability of metal structures and design of high-rise special construction.

**Meginskaya Irina** – assistant of the Metal Structures Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Her research interests include the reliability of metal structures and design of high-rise special construction.