



ISSN 1819-432X print / ISSN 1993-3495 online

**СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО**  
**СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО**  
**MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION**

2011, ТОМ 7, НОМЕР 4, 225–235

УДК 621.396

## **АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ І ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЩОГЛ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ**

**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 9 вересня 2011; прийнята 25 листопада 2011.*

**Анотація.** У статті описано результати натурних обстежень щогл мобільного зв'язку. Наведено основні положення методики обстеження щогл мобільного зв'язку з урахуванням їх зонування. Виконано класифікацію конструктивних рішень щогл, які найчастіше зустрічаються на практиці, проведено аналіз їх переваг і недоліків з точки зору надійності, довговічності, зручності виготовлення, монтажу та експлуатації. Виявлено та систематизовано найбільш поширені дефекти і пошкодження щогл, які значно впливають на загальну роботу конструкції. Розглянуто вплив відхилень осей відтяжок від проектного положення на деформативність щогли при різноманітних комбінаціях навантажень.

**Ключові слова:** щогла, обстеження, відтяжки, фланці, лацменний вузол, дефекти, конструктивні рішення.

## **АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ И ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЧТ СОВОЙ СВЯЗИ**

**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 9 сентября 2011; принята 25 ноября 2011.*

**Аннотация.** В статье приведены результаты натурных обследований мачт сотовой связи. Описаны основные положения методики обследования мачт сотовой связи с учетом зонирования. Выполнена классификация конструктивных решений мачт, которые наиболее часто встречаются на практике, произведен анализ их достоинств и недостатков с точки зрения надежности, долговечности, удобства изготовления, монтажа и эксплуатации. Выявлены и систематизированы наиболее распространенные дефекты и повреждения мачт, которые оказывают значительное влияние на работу конструкции в целом. Рассмотрено влияние отклонения осей оттяжек от проектного положения на деформативность мачты при различных сочетаниях нагрузок.

**Ключевые слова:** мачта, обследование, оттяжки, фланцы, лацменный узел, дефекты, конструктивные решения.

## ANALYTICAL TREATMENT OF STRUCTURAL CONCEPTIONS AND ENGINEERING STATE OF CELLULAR COMMUNICATION GUYED MASTS

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 9 September 2011; accepted 25 November 2011.*

**Abstract.** The paper offers the field examination findings of the cellular communication guyed masts. The central tenets of the guyed masts examination technique in view of zoning have been described. The classification of structural conceptions of the common guyed masts have been made. The analysis of their merits and demerits from the point of view of reliability, durability, ease of manufacturing, erection and operation has been made. The commonest defects and damages of the masts having a profound impact on structural behaviour as a whole have been revealed and systematized. The impact of deviation of the axes of guys from design position on mast deformability at various combinations of loads has been considered.

**Keywords:** guyed mast, examination, guys, flanges, joint, defects, structural conceptions.

### Введение

Совершенствование методов расчета и конструктивных форм легких металлических мачт на оттяжках является на сегодняшний день очень актуальной задачей. По всему миру, в том числе и на территории Украины, широко распространена сеть мобильной телефонной связи и беспроводного интернета, которая продолжает охватывать все новые территории. Обеспечение населения качественной телефонной, радиосвязью и другими источниками информации имеет в настоящий момент важное значение, так как беспроводная связь при современном высоком уровне развития общества является предметом первой необходимости.

В Украине на данный момент существует огромный парк мачт, которые находятся в эксплуатации. При этом мачты сотовой связи имеют огромное разнообразие конструктивных решений, отличных от конструктивных решений теле- и радиомачт высотой 150–300 м в силу различных габаритов и условий эксплуатации. В соответствующей литературе содержатся обширные и исчерпывающие сведения о видах секций крупногабаритных мачт, устройстве центральных и анкерных фундаментов, монтажных площадок, способах закрепления концов оттяжек и т. д. [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Однако отсутствуют фиксированные и структурированные данные о конструктивных элементах мачт сотовой связи. Тогда как с

момента их появления в Украине уже возникло множество вариантов инженерного исполнения таких конструкций. Практически важно получить ответ на вопрос: какие же из применяемых решений являются более экономичными?

Целью данной исследовательской работы было изучение и классификация конструктивных особенностей легких металлических мачт сотовой связи, а также их наиболее распространенных дефектов и повреждений.

### Методика обследования

Исходя из особенностей мачт сотовой связи разработана методика их обследования, которая является уточнением существующих методов [8, 9].

Первым этапом выполнения работ по изучению повреждаемости мачт является зонирование конструкций с использованием системного подхода. Зонирование решетчатых мачт осуществляется с учетом:

- особенности конструктивной формы мачты в целом – наличия разнородных составляющих;
- типов конструктивных решений отдельных конструкций, входящих в мачту.

Системный подход состоит в структурировании конструкций и разбиении их на составляющие элементы, объединенные по иерархическому принципу, согласно которому каждый элемент системы состоит из подсистем более низ-

кого уровня. На рисунке 1 приведена схема зонирования мачты.

Были выполнены натурные обследования 20 мачт сотовой связи, расположенных в городах Донецке, Макеевке, Мариуполе. В ходе обследований была также изучена соответствующая проектная документация.

Обследование проводилось путем визуального осмотра. Для измерения действительных размеров и положения конструкции использовались теодолит, штангенциркуль и рулетка с ценой деления 1,0 и 0,1 мм. Для измерения предварительного натяжения в оттяжках использовались как прямой метод (с помощью измерителя натяжения троса ИН643-БМ), так и непрямой метод, основанный на подсчете числа собственных колебаний оттяжки в единицу времени [10].

#### Конструктивные решения мачт сотовой связи

Среди обследованных объектов были выявлены мачты высотой от 10,0 до 31,5 м, имеющие от одного до трех уровней оттяжек по высоте. Мачты были расположены на крышах зданий, на земле или на вертикальных железобетонных опорах.

По геометрическим схемам из-за ограниченности площадки строительства мачты в основном проектировались с оттяжками, сходящимися у одного анкера (рис. 2). Также по этой причине в отдельных случаях оттяжки были как равной, так и неравной длины (рис. 3). В последнем случае предварительные натяжения оттяжек имели различные значения в одном и том же уровне.

Стволы мачт встречаются постоянного и переменного сечения по высоте. Стволы мачт постоянного сечения по высоте подразделяются на решетчатые и сплошного сечения (рис. 4). К мачтам переменного сечения по высоте относятся шпренгельные мачты [3].

Расстояния между соседними ярусами оттяжек мачт были зафиксированы от 4 до 12 м. Решетчатые стволы, а также стволы мачт постоянного сечения из круглых труб монтировались из отдельных секций длиной по 2 м. Все мачты имели стволы с консольными участками длиной 2–4 м, на которых располагалось основное количество антенн.

Учитывая то, что расстояния  $a$  между поясами решетчатых стволов зафиксированы не менее 300 мм, максимальная гибкость стержня ствола между опорными узлами, вычисленная по

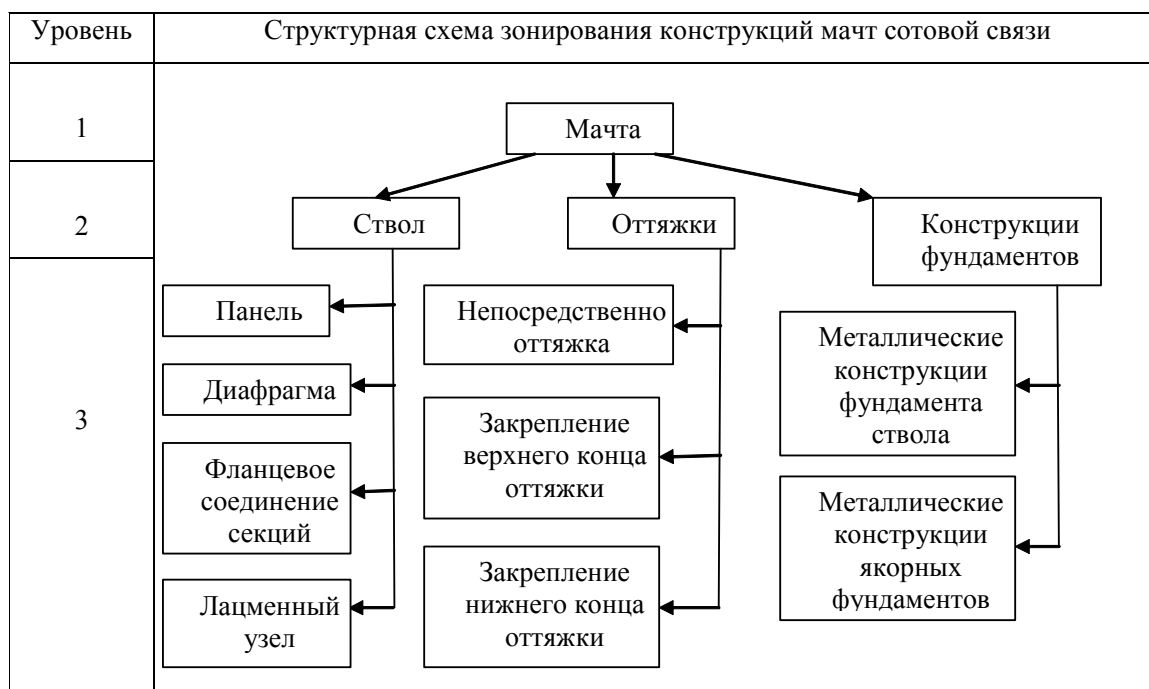
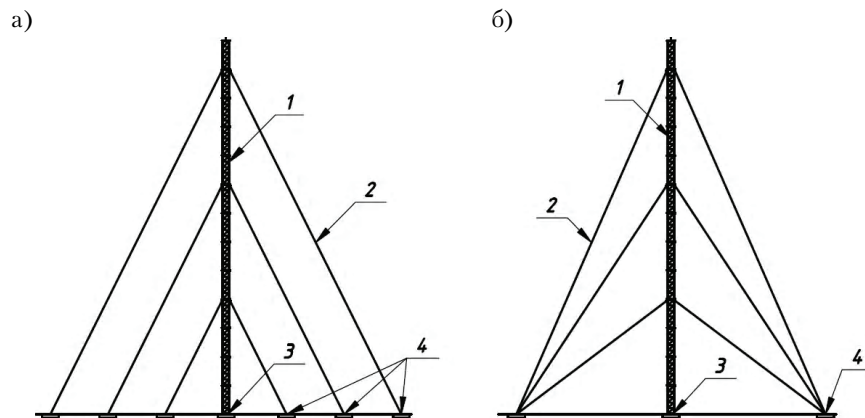
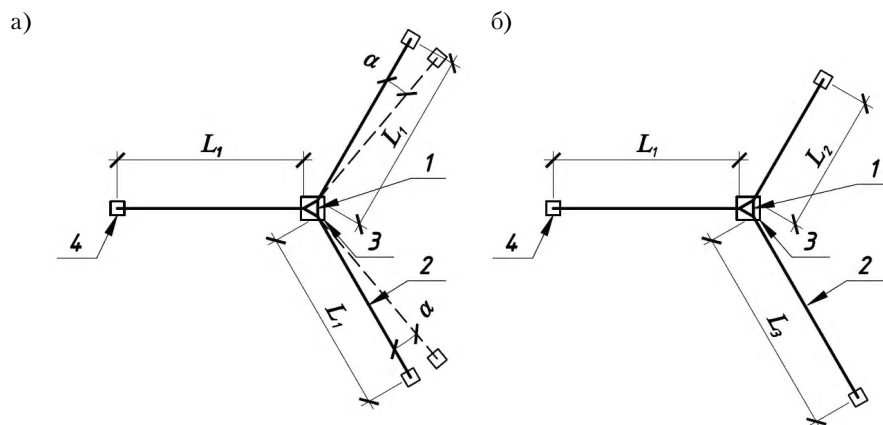


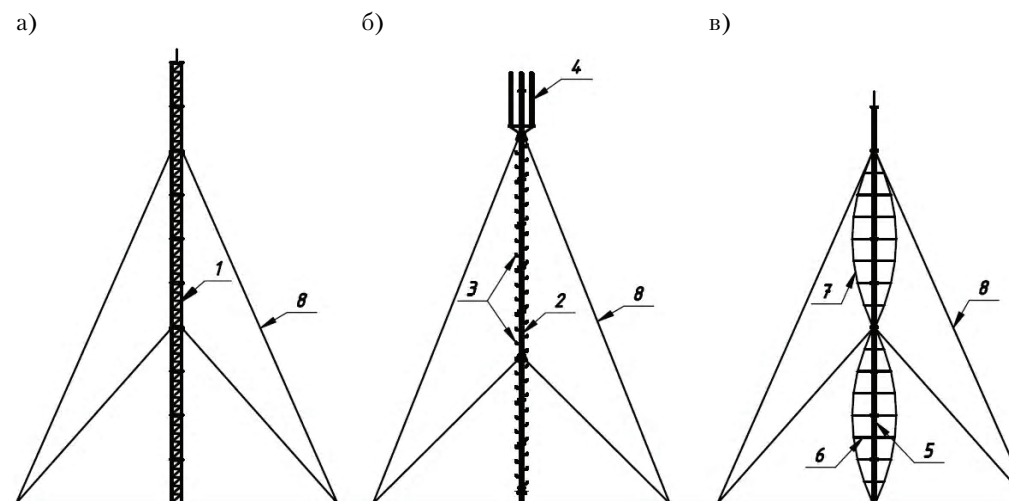
Рисунок 1. Структурная схема зонирования конструкций мачт сотовой связи.



**Рисунок 2.** Геометрические схемы мачт: а) с оттяжками, сходящимися у отдельных анкерных фундаментов; б) с оттяжками, сходящимися у одного анкерного фундамента.



**Рисунок 3.** Схемы оттяжек: а) равной длины; б) неравной длины; 1 – ствол; 2 – оттяжка; 3 – центральный фундамент ствола; 4 – анкерный фундамент оттяжки;  $\alpha$  – угол отклонения оттяжки от проектной оси.



**Рисунок 4.** Виды стволов мачт сотовой связи: а) мачта с решетчатым стволом; б) мачта со стволом трубчатого сечения; в) шпренгельная мачта; 1 – решетчатая секция; 2 – секция ствола из трубы; 3 – опорные элементы для подъема монтажников на мачту; 4 – трубостойки для размещения оборудования; 5 – трубчатый ствол-стержень; 6 – диафрагма; 7 – шпренгелевые тяги; 8 – оттяжки.

формуле  $\lambda = 2l/a$ , равна 80. Таким образом, участки ствола между закреплениями оттяжек являются стержнями малой гибкости.

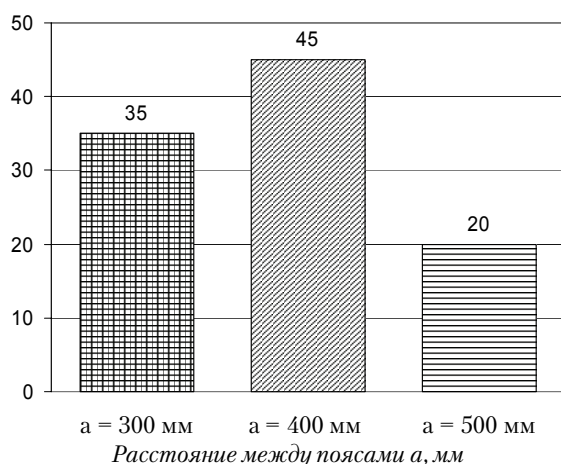
Решетчатые конструкции стволов в плане были трех- и четырехгранными. Однако лишь 1 мачта из 20 обследованных объектов была четырехгранной. Это связано с необходимостью уменьшения числа анкерных фундаментов. 19 обследованных мачт были трехгранными с поясами из труб и решеткой из круглой стали, 1 мачта четырехгранная с поясами и решеткой из круглой стали.

Материал поясов стволов: труба, круглая сталь. Ширина между поясами стволов была принята 300, 400 и 500 мм (рис. 5). Наиболее распространенной системой решетки стволов оказалась раскосная система решетки. Как материал решетки в обследованных объектах применялась круглая сталь диаметром 10–14 мм.

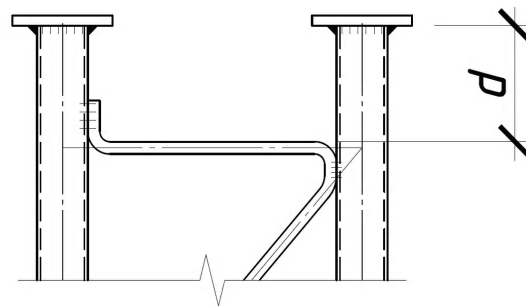
Еще один критерий классификации – расстояние от края секции до первого элемента решетки  $d$  (рис. 6).

Расстояния  $d$  у различных мачт очень меняются от 0 мм, когда распорка приваривается к фланцу, до 125 мм. Данные о количественном распределении см. на рис. 7.

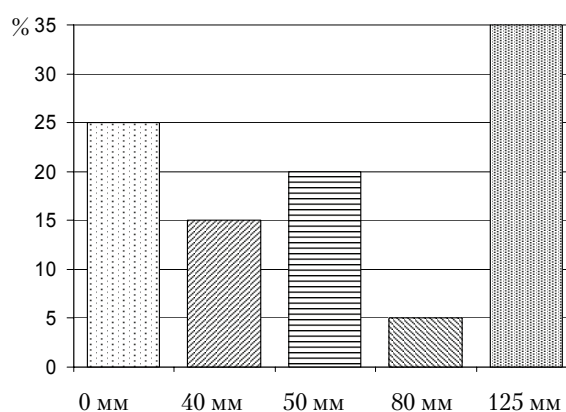
Элементы решетки соединялись с поясами с помощью сварки. Решетка изготавливалась в виде сплошных гнутых элементов из круглой стали, располагаемых по каждой грани ствола, или из отдельных стержней из круглой стали (рис. 8). Отдельные стержни были гнутыми и прямыми.



**Рисунок 5.** Количественное распределение расстояний между поясами ствола обследованных мачт.



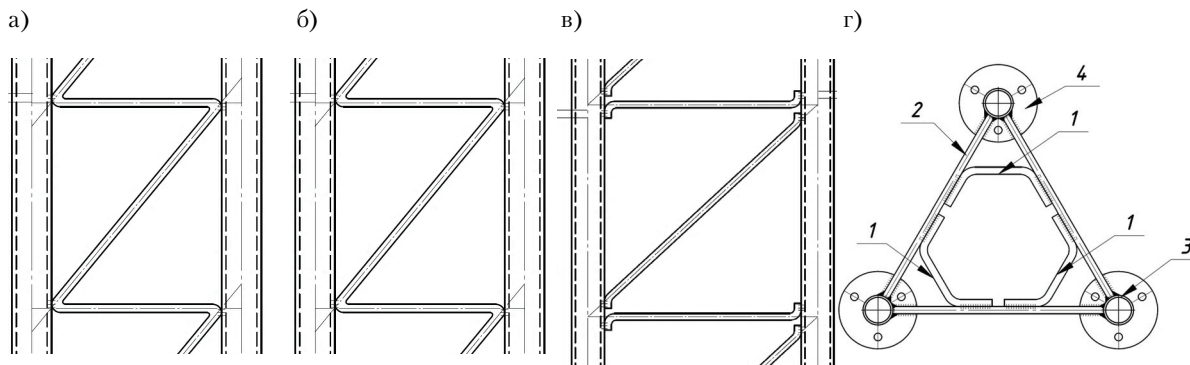
**Рисунок 6.** Схема расположения крайнего элемента решетки.



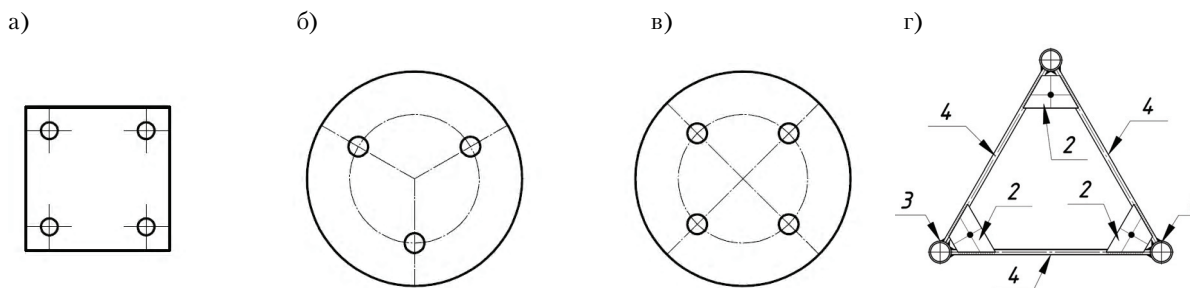
**Рисунок 7.** Количественное распределение секций с различными размерами  $d$ .

Большинство выявленных типов секций мачт сотовой связи вообще не имеют диафрагм жесткости. Диафрагмы были обнаружены лишь у 5 % обследованных мачт. Диафрагмы выполняются из гнутых элементов из круглой стали (рис. 8г). Вместе с тем, согласно [п. 16.17, 11], диафрагмы жесткости для мачт высотой до 500 м, должны устанавливаться на расстоянии не более трех размеров среднего поперечного сечения секции опоры между ними, а также в местах приложения сосредоточенных нагрузок.

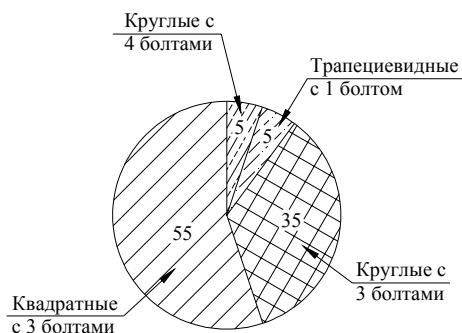
Отдельные секции стволов соединяют между собой с помощью фланцев на болтах. Фланцы располагаются в торцах поясов и внутри сечения ствола (рис. 9). Фланцы в торцах поясов изготавливают из листовой стали толщиной 10–12 мм квадратной или круглой формы. По количеству болтов в соединении могут быть одно-, трех- и четырехболтовыми. На иллюстрации 10 показано количественное распределение типов фланцевых соединений. Наиболее распространенными являются четырехболтовые фланцы квадратной формы.



**Рисунок 8.** Виды решетки и диафрагм: а) решетка сплошных гнутых элементов с прямолинейным участком в зоне изгиба; б) решетка сплошных гнутых элементов без прямолинейного участка в зоне изгиба; в) решетка из отдельных стержней из круглой стали; г) диафрагма из гнутых элементов.

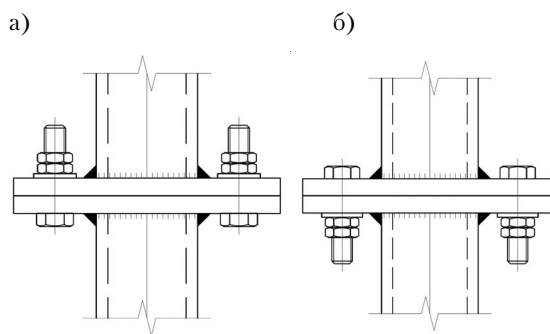


**Рисунок 9.** Типы фланцев: а) квадратный с четырьмя болтами; б) круглый с тремя болтами; в) круглый с четырьмя болтами; г) фланцы, расположенные внутри сечения.



**Рисунок 10.** Количественное распределение типов фланцев.

Существует два способа расположения болтов в соединении: «шляпкой вверх» (рис. 11а) и «шляпкой вниз» (рис. 11б), которые встречаются одинаково часто. В литературе отсутствуют требования относительно правильного расположения болтов. Однако первый вариант расположения более техничен, ускоряет процесс монтажа. При втором варианте расположения болтов высок риск травматизма технического персонала в случае нарушения соединения и выпадения болта.



**Рисунок 11.** Способы расположения болтов во фланцевом соединении поясов.

Узлы крепления оттяжек к стволу называют лацменными, а секции, к которым крепятся оттяжки, — лацменными секциями. Проушины лацменных узлов в зависимости от материала бывают из листовой (рис. 12а, 12б, 12в) и из круглой стали (рис. 12г). Листовые проушины в зависимости от пространственной конструкции встречаются двойные (рис. 12а, 12б) (из двух листов, соединенных между собой трубчатым элементом или с продетым болтом, в который продевается карабин каната) или одинарные

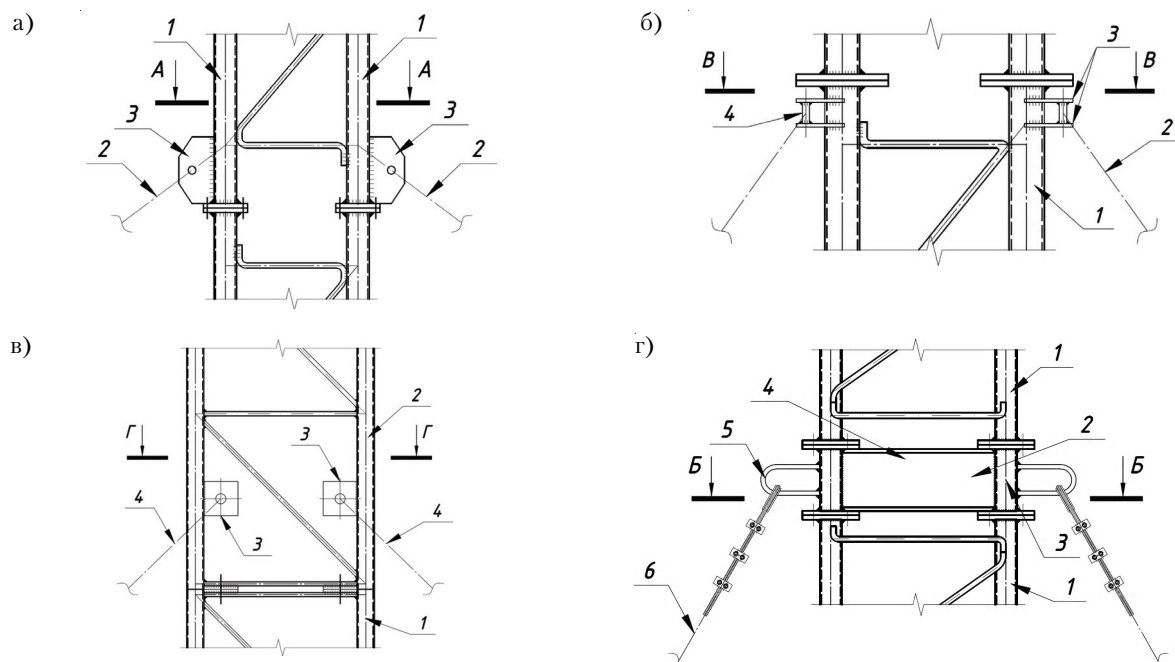


Рисунок 12. Типы проушин лацменных секций.

(рис. 12в) (из одного листа, т. е. не укрепленные ребрами жесткости). По ориентации в пространстве могут быть вертикальными (рис. 12а, 12в, 12г) и горизонтальными (рис. 12б). По расположению относительно всего сечения секции проушины могут находиться снаружи (рис. 12а, 12б, 12г) или внутри сечения (рис. 12в). Таким образом, существует большое разнообразие типов лацменных узлов мачт сотовой связи. Необходимо проведение экспериментальных исследований по выявлению наиболее рационального типа лацменных узлов.

Оттяжки мачт по материалу могут были изготовлены из стальных канатов или из круглой стали. Круглая сталь имеет больший модуль продольной упругости, но намного меньшую прочность. В соответствии с [12, 13, 14], для оттяжек мачт должны применяться оцинкованные канаты двойной свивки, с неорганическим сердечником, с проволоками наружных слоев большего диаметра, чем во внутреннем слое. В действительности наиболее часто применяются канаты диаметром 10 и 12 мм по ГОСТ 3064-80, ГОСТ 14954-80 и DIN 3060. Из них только канаты по ГОСТ 14954-80 удовлетворяют всем предъявляемым требованиям.

Все указанные типы канатов являются канатами двойной свивки, однако имеют различные виды

сечений. В действующих нормах [11, табл. 63] для всех канатов двойной свивки указано одно значение модуля продольной упругости  $1,47 \cdot 10^5$  МПа. На практике требуется уточнение действительных модулей упругости, так как от этого зависит расчетная величина горизонтального распора оттяжек.

Крепление концов канатов применяется с помощью зажимов (рис. 13). Обычно для закрепления одного конца каната применяется от 3 до 4 зажимов, шаг  $l$  установки зажимов изменяется от 150 до 700 мм.

### Наиболее распространенные дефекты и повреждения

Наиболее распространенным дефектом мачт сотовой связи является отклонение оси оттяжки от проектного положения (рис. 3а). По проекту оттяжки трехгранных мачт направлены под углами  $120^\circ$  друг к другу, четырехгранных – под углами  $90^\circ$  друг к другу. На исследуемых объектах углы отклонения достигают  $10^\circ$ . При этом в стволе возникают дополнительные усилия от кручения, также изменяется величина распора оттяжек при приложении горизонтальной нагрузки. С помощью разработанной методики расчета [15] выполнялся численный эксперимент по исследованию влияния отклонения оси



оттяжки от проектного положения на величину распора, который оказывает оттягивающий узел при действии нагрузки. По результатам расчетов при отклонении оси до  $10^\circ$  величина распора уменьшается не более, чем на 1 %. Поэтому данный дефект не является критическим фактором.

В выявленных конструктивных решениях довольно часто встречаются эксцентриситеты пересечения осей решетки и пояса ствола (рис. 12б), при этом возникают дополнительные узловые моменты, которые необходимо учитывать при расчете.

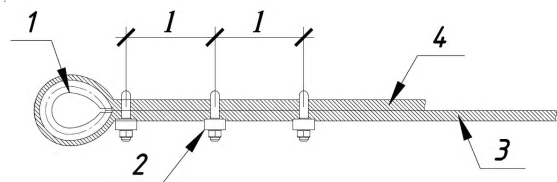
Решетка, выполненная из сплошного гнутого элемента из круглой стали, чаще всего имеет прямолинейные участки в местах изгибов, однако может не иметь (рис. 8б). Последнее решение ненадежно, так как длина сварного шва минимальна, при этом трудно контролировать качество шва и обеспечить необходимую прочность. При возникновении в зоне сварки очага коррозии металл сварного шва быстро разрушится. Наряду с этим, согласно [11], длина сварного шва должна быть не менее 40 мм. Гнутые стержни

решетки или сплошные гнутые элементы с прямолинейным участком в зоне изгиба имеют длину сварного шва от 15 до 30 мм в зависимости от длины прямолинейного участка. Если элемент решетки прямой, соединение с поясом получается «встык» сваркой его по контуру. При этом велика вероятность повреждения стенки пояса при выполнении сварочных работ, так как толщина стенки мала и составляет обычно 3–4 мм.

Одним из наиболее распространенных дефектов стволов мачт являются некачественные фланцевые соединения, они встречаются у 80 % сооружений. Между соединяемыми фланцами имеются зазоры от 1 до 5 мм (рис. 14).

Указанные дефекты оказывают влияние на работу всей конструкции в целом:

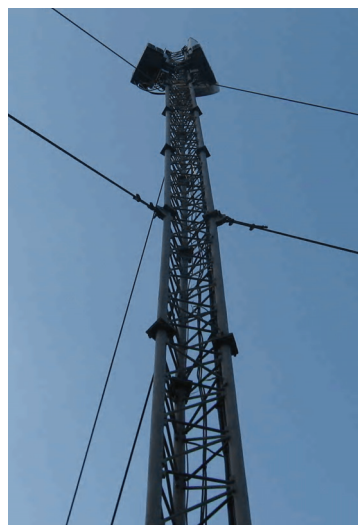
- нарушается пространственное положение ствола: возникают недопустимые отклонения ствола от вертикали, в горизонтальной плоскости ствол мачты может закручиваться на угол до  $15^\circ$  (рис. 15), при этом в элементах возникают дополнительные крутящие моменты;



**Рисунок 13.** Крепление концов канатов с помощью зажимов: 1 – ковш; 2 – зажим; 3 – оттяжка; 4 – свободный конец каната.



**Рисунок 14.** Некачественные фланцевые соединения.



**Рисунок 15.** Мачта высотой 26 м в г. Донецке.



- возникают дополнительные напряжения во фланцах;
- в болтах при действии горизонтальной нагрузки появляются усилия среза;
- такие фланцевые соединения поглощают энергию при колебаниях мачт.

Причины возникновения таких дефектов:

- при изготовлении поясов секции допущено отклонение размеров;
- наличие на поверхности фланцев окалины от сварки;
- наличие на фланцах излишков цинкового покрытия, которые должны зачищаться;
- отклонения от проекта при просверливании отверстий во фланцах.

В 30 % случаев применяются неоцинкованные канаты. Также часто выбираются канаты с небольшим диаметром проволок наружного слоя. При эксплуатации для устранения этих недостатков канаты покрывают специальным антикоррозионным составом «пушенное сало».

Обследование 20 существующих мачт и изучение соответствующей им проектной документации, показало, что на практике в 70 % случаев в проектной документации вообще отсутствуют указания о величинах монтажных натяжений в оттяжках. Монтажники создают предварительное натяжение канатов на строительной площадке «на глаз», фактически эти натяжения очень завышены. Нагрузка на существующее здание больше, чем требуется по расчету. У одной из обследованных мачт высотой 18 м с двумя уровнями оттяжек, расположенной в г. Донецке на крыше здания, лишняя нагрузка от натяжения оттяжек составила 2 тонны. В проектах же, где есть указания о предварительных натяжениях, их величины назначаются одинаковыми для всех уровней оттяжек и для различных геометрических схем сооружений. Можно сделать вывод о том, что в проектах натяжения задаются случайным образом, а затем в соответ-

ствии с их принятыми значениями вычисляют усилия в элементах мачты в расчетных программах SCAD, Лира. При этом не обеспечивается равномерная эпюра изгибающих моментов в стволе и зачастую напряжения в оттяжках также завышены, значит, завышены усилия в элементах и нагрузки на фундаменты.

Также натяжение оттяжек монтажники используют для придания стволу вертикальности в случае, если в наличии уже имеются дефекты фланцев (рис. 15). Это мероприятие недопустимо, так как создает сложное напряженное состояние в элементах всей конструкции.

Согласно результатам исследования, у 15 % мачт проушины вообще отсутствуют. Карабин оттяжки крепится непосредственно к поясу, стенка пояса деформируется под действием горизонтальной нагрузки, вертикальные нагрузки передаются на узел соединения решетки и пояса так, что в данном сварном шве возникают срезающие усилия.

Согласно [11], оттяжки в мачтах с решетчатым стволом следует центрировать в точку пересечения осей поясов и распорок. Для оттяжек мачт сотовой связи эти условия не выполняются в подавляющем большинстве случаев по следующей причине. Секции ствола изготавливают согласно типовым проектам. В каждом отдельном случае конструкция несущего здания и геометрия мачты индивидуальны. Поэтому в каждом новом проекте мачты оттяжки направлены под отличными углами к оси ствола. Таким образом, в местах крепления оттяжек возникают эксцентриситеты осей оттяжек и дополнительные изгибающие моменты в поясах, которые необходимо учитывать при расчете. Также при производстве монтажных работ часто секции располагают так, что проушины оказываются в верхней части, что приводит к возникновению дополнительных изгибающих моментов в стволе (рис. 12б).

## Література

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. :

## 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

- Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1961. – 171 с.
3. Воеводин, А. А. Шпренгелевые радиомачты [Текст] / А. А. Воеводин. – М. : Радио и связь, 1981. – 175 с.
  4. Brian, W. Smith. 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. Földi, Andras. The 200 m high guyed chimney of the Kelenföld power station Budapest [Текст] / Andras Földi, Peter Sebestyen // IASS Working Group for Masts and towers. – Budapest : 10–14 September, 1989. – P. 2–7.
  7. Krokan, Arnulf. A 242 m high mast in Norway, «Hamnefjellmasta» near Batsfjord [Текст] / Arnulf Krokan // IASS Working Group for Masts and towers. – Budapest : 10–14 September, 1989. – P. 8–17.
  8. Рекомендации по техническому контролю и обследованию конструкций антенных сооружений [Текст] / Министерство связи СССР. – М. : [Б. и.], 1989. – 159 с.
  9. Губанов, В. В. Обеспечение долговечности решетчатых башен [Текст] : диссертация кандидата технических наук : 05.23.01 / Губанов Вадим Викторович. – Макеевка, 1995. – 204 с.
  10. Antennas, Towers, and Antenna-Supporting Structures. S37-01. [Текст] – Toronto : Canadian Standards Association, 2001. – 118 p. – (SCA Standard).
  11. 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.
  12. Руководство по применению строительных канатов и анкерных устройств в конструкциях зданий и сооружений [Текст] / НИИ строительных конструкций Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1978. – 94 с.
  13. Металлические конструкции. Том 1. Общая часть [Текст] : [справочник проектировщика] / [под общей редакцией В. В. Кузнецова ; ЦНИИпроект-стальконструкция им. Мельникова]. – М. : Издательство АСВ, 1998. – 576 с.
  14. Гольдштейн, А. Выбор стальных канатов для висячих и вантовых строительных конструкций [Текст] / А. Гольдштейн // Промышленное строительство и инженерные сооружения. – 1968. – № 2(51). – С. 22–23.
  15. 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 на тему «Civil Engineering, Architecture and Building Materials», 1961. 171 p. (in Russian)
  16. Voyevodin, A. A. Subdiagonal radio masts. Radio and communication, 1981. 175 p. (in Russian)
  17. Brian, W. Smith. Communication structures. London : Thomas Telford Publishing, 2006. 338 p.
  18. Murty K. S. Madugula (ed). Dynamic response of lattice towers and guyed masts. Reston, Virginia: ASCE, 2002. 266 p.
  19. Földi, Andras; Sebestyen, Peter. The 200 m high guyed chimney of the Kelenföld power station Budapest. In: *IASS Working Group for Masts and towers*. Budapest: 10–14 September, 1989, p. 2–7.
  20. Krokan, Arnulf. A 242 m high mast in Norway, «Hamnefjellmasta» near Batsfjord. In: *IASS Working Group for Masts and towers*. Budapest: 10–14 September, 1989, p. 8–17.
  21. Engineering inspection and structural examination recommendations of mast structures. Moscow, 1989. 159 p. (in Russian)
  22. Gubanov, V. V. Durability provision of latticed masts. PhD (Engineering) dissertation: 05.23.01. Makiivka, 1995. 204 p. (in Russian)
  23. Antennas, Towers and Antenna-Supporting Structures. S37-01. Toronto: Canadian Standards Association (SCA Standard), 2001. 118 p.
  24. Construction rules and regulations. Part II. Design rates. Chapter 23. Steel structures: SNiP II-23-81. Moscow: Central Institution for Standardized Design, 1991. 96 p. (in Russian)
  25. Design manual of structural ropes and anchoring in building and construction structures. Moscow: Stroyizdat, 1978. 94 p. (in Russian)
  26. Kuznetsov, V. V. (ed). Metal structures. Vol. I. Basic part. Designing reference. Moscow: ACB Publishing House, 1998. 576 p. (in Russian)
  27. Goldstein, A. Selection of steel cables for suspended and cable structures. In: *Industrial Construction and Engineering Structures*, 1968, No. 2(51), p. 22–23. (in Russian)
  28. Gubanov, V. V.; Mezhinskaya, I. V. Determination of prestressing value and cross-section area of guys for mast 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)
  29. Actions on Structures. Part 1-4. General Actions – Wind Actions: Eurocode I. Brussels, Belgium: CEN, 2004. 79 p.
  30. Design of Steel Structures. Part 3-1. Towers, Masts and Chimneys – Towers and Masts: Eurocode 3. Brussels, Belgium: CEN, 2006. 79 p.
  31. Peil, U. Mast Failures Gales and Guy Rupture. Braunschweig – Germany: Institute for Steel Structures of Carolo-Wilhelma Technical University, 1997. 16 p.

- дентів / М-во освіти і науки України, ДонДАБА. –  
Макіївка : ДонНАБА, 2007. – С. 9.
16. Actions on Structures. Part 1-4. General actions –  
Wind Actions: Eurocode 1 [Текст]. – Brussels,  
Belgium: CEN, 2004. – 155 p.
  17. Design of Steel Structures. Part 3-1. Towers, Masts  
and Chimneys – Towers and Masts: Eurocode 3  
[Текст]. – Brussels, Belgium : CEN, 2006. – 79 p.
  18. Peil, U. Mast Failures Gales and Guy Rupture  
[Текст] / U. Peil. – Braunschweig – Germany :  
Institute for Steel Structures Technical University  
Carolo-Wilhelma, 1997. – 16 p.

**Губанов Вадим Вікторович** – кандидат технічних наук, 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, розрахунків та проектування висотних споруд.

**Межинська Ірина Валеріївна** – аспірант кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, розрахунків 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** – аспирант кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, расчет и проектирование высотных сооружений.

**Vadim Gubanov** – PhD (Eng.), an Associate Professor of the Metal Structures Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. He is a Fellow of the Institution of Civil Engineers of Great Britain. Research interests: operational reliability of metal structures and design of high-rise structures.

**Irina Meginskaya** – a postgraduate of the Metal Structures Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: operational reliability of metal structures and design of high-rise structures.