УДК 624.042
DOI: 10.30838/P.CMM.2415. 200418.121.18

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И УСИЛЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ МАЧТЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

ДАВЫДОВ И. И.[1], *к.т.н, доц.,*
ЛИННИК О. С.[2], *студент.*

[1] кафедра металлических, деревянных и пластмассовых конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул.Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. 38 (0562) 46-98-61, e-mail: iid@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-7687-2241
[2] кафедра металлических, деревянных и пластмассовых конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул.Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38665536868, e-mail: ola.la010394@gmail.com

Аннотация. В настоящее время применяется дорогостоящее оборудование мобильной связи. Опорные конструкции (башни, мачты) под оборудование мобильной связи часто эксплуатируются без надзора, имеют значительный износ, не способны полностью соответствовать своему эксплуатационному назначению (то есть «непригодны к нормальной эксплуатации» – согласно терминологии [2, 5]). Поэтому возникает необходимость диагностики технического состояния таких конструкций с выполнением ремонта и усиления. Методика оценки технического состояния и диагностики стальных конструкций регламентируется [1]. Вопросам разработки приемов и методов усиления металлических конструкций посвящены работы Л.Н. Лащенко, Г.А. Шапиро, М.М. Сахновского, М.Р. Бельского и др. Практические рекомендации по расчету и конструированию при усилении стальных конструкций приводятся в [5, 7, 9]. В перечисленных нормативах рассматривается работа отдельных элементов простых форм и сечений, которые усиливаются, условий загружения и граничных условий - без подробного анализа работы усиливаемых элементов под нагрузкой и изменения их конструктивных схем.
Цель. Разработка общих подходов диагностики технического состояния и проектирования усиления опорных конструкций под оборудование мобильной связи. ***Методика.*** Применение численных методов реализованных в вычислительных комплексах [6] для моделирования совместной пространственной работы конструкций, геометрической нелинейности работы отдельных элементов, с учетом дефектов и повреждений. ***Результаты.*** Проанализировано техническое состояние конструктивной схемы стальной мачты, устанавливаемой на железобетонный столб. Приведены результаты и практические рекомендации по обследованию и усилению мачты мобильной связи. ***Научная новизна.*** Предлагается при диагностике мачты мобильной связи сократить объем работ по инструментальному обследованию путем создания комплексных (расчетно-экспериментальных) подходов в развитие работ [3, 11]. ***Практическая значимость.*** Рекомендации по диагностике технического состояния и усилению мачт мобильной связи.

Ключевые слова: дефекты и повреждения, диагностика, усиление, мачта мобильной связи.

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ І ПОСИЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЩОГЛИ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

ДАВИДОВ І. І. [1], *к.т.н., доц.,*
ЛИННИК О. С.[2], *студент.*

[1] Кафедра металевих, дерев'яних і пластмасових конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 46-98-61, електронна пошта: iid@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-7687-2241
[2] кафедра металлических, деревянных и пластмассовых конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул.Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38665536868, e-mail: ola.la010394@gmail.com

Анотація. В даний час застосовується дороге устаткування мобільного зв'язку. Опорні конструкції (вежі, щогли) під устаткування мобільного зв'язку часто експлуатуються без нагляду, мають значний знос, не здатні повністю відповідати своєму експлуатаційному призначенню (тобто «непридатні до нормальної експлуатації» - згідно з термінологією [2, 5]). Тому виникає необхідність діагностики технічного стану таких конструкцій з виконанням ремонту і посилення. Методика оцінки технічного стану та діагностики сталевих конструкцій регламентується [2]. Питанням розробки прийомів і методів посилення металевих конструкцій присвячені роботи Л.М. Лащенко, Г.А. Шапіро, М.М. Сахновского, М.Р. Бєльського і ін. Практичні рекомендації щодо розрахунку та конструювання при посиленні сталевих конструкцій наводяться в [5, 7, 9]. У перерахованих нормативах розглядається робота окремих елементів простих форм і перетинів, які посилюються, умов

завантаження і граничних умов - без докладного аналізу роботи елементів під навантаженням і зміни їх конструктивних схем.
Мета. Розробка загальних підходів діагностики технічного стану і проектування підсилення опорних конструкцій під обладнання мобільного зв'язку. ***Методика.*** Застосування чисельних методів реалізованих в обчислювальних комплексах [6] для моделювання спільної просторової роботи конструкцій, геометричної нелінійності роботи окремих елементів, з урахуванням дефектів і пошкоджень. ***Результати.*** Проаналізовані технічний стан конструктивної схеми сталевої щогли, яка встановлюється на залізобетонний стовп. Наведено результати і практичні рекомендації по обстеженню та посиленню щогли мобільного зв'язку. ***Наукова новизна.*** Пропонується при діагностиці щогли мобільного зв'язку скоротити обсяг робіт по інструментальному обстеженню шляхом створення комплексних (розрахунково-експериментальних) підходів в розвиток робіт [3, 11]. ***Практична значимість.*** Рекомендації з діагностики технічного стану і посилення щогл мобільного зв'язку.

Ключові слова: дефекти і пошкодження, діагностика, посилення, щогла мобільного зв'язку.

ESTIMATION OF THE TECHNICAL CONDITION AND STRENGTHENING OF METAL STRUCTURES OF THE MOBILE COMMUNICATION MASH

DAVYDIV I. I.[1], *Ph.D., Assos. Prof.*
LINNIK O. S.[2], *student.*

[1] Department of Metal, Wood and Plastic Structures, State Higher Educational Establishment “Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-98-61, e-mail: iid@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-7687-2241
[2] Department of Metal, Wood and Plastic Structures, State Higher Educational Establishment “Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38665536868, e-mail: ola.la010394@gmail.com

Annotation. At present, expensive mobile equipment is being used. Support structures (towers, masts) for mobile communication equipment are often operated without supervision, have significant wear, are not able to fully meet their operational purpose. The constructions "are not suitable for normal operation" - according to the terminology [2, 5]. Therefore, it becomes necessary to diagnose the technical state of such structures with the performance of repair and reinforcement. The technique for assessing the technical condition and diagnosis of steel structures is regulated [2]. The problems of developing methods and methods for strengthening metal structures are discussed in the works of LN. Lashchenko, G.A. Shapiro, M.M. Sakhnovsky, M.R. Belsky and others. Practical recommendations for calculation and design for reinforcing steel structures are given in [5, 7, 9]. The above standards consider the work of individual elements of simple cross-section forms. The conditions of loading and boundary conditions are considered without detailed analysis of the work of the reinforced elements under load and changes in their design schemes. ***Purpose.*** Development of general approaches to diagnostics of technical condition and design of reinforcement of supporting structures for mobile communication equipment. ***Methodology.*** The application of numerical methods implemented in computing systems [6] for modeling the joint spatial operation of structures, the geometric nonlinearity of the operation of individual elements, taking into account defects and damages. ***Findings.*** The technical condition of the structural scheme of a steel mast, installed on a reinforced concrete column, is analyzed. The results and practical recommendations on the survey and strengthening of the mast of mobile communication are presented. ***Originality.*** It is proposed to reduce the scope of work on instrumental survey when diagnosing the mast of mobile communication by creating complex (calculation-experimental) approaches to the development of works [3, 11]. ***Practical value.*** Recommendations for diagnosing the technical condition and strengthening the masts of mobile communications.

Keywords: defects and damages, diagnostics, amplification, mast of mobile communication.

Введение

Антенно-мачтовые сооружения мобильной связи эксплуатируются с большим количеством отказов. Опыт обследований таких сооружений показал, что практически в каждом сооружении (даже только что смонтированном), существуют дефекты и повреждения. В ряде случаев происходят обрушения сооружений, вызванные разрушением деталей крепления оттяжек, трещин в сварных швах, потери устойчивости отдельных элементов.

В статье рассматривается пример диагностики технического состояния и усиления для конкретного типа мачт мобильной связи.

Объект исследования

Рассматриваются конструкции в виде стальных мачт на железобетонных столбах для обеспечения покрытия мобильной связи, эксплуатируемые в Днепропетровской, Кировоградской и Запорожской областях Украины (см. рис. 1).

Цель

Анализ конструктивной формы принятого типа стальных мачт, характерних дефектов и повреждений, результатов расчета, общих подходов к диагностике технического состояния и проектирования усиления.

Материал

Столб, на котором смонтирована мачта, выполнен железобетонный предварительно-напряженный конической формы переменного кольцевого сечения по ГОСТ 22687.0-85.

В верхнем сечении столба установлена стальная обойма – из листов толщиной 10мм, повторяющая коническую форму столба. Обойма притянута к столбу при помощи 2-х стяжных шпилек М36. Поверх обоймы (по верхнему сечению столба) уложен опорный лист (14мм), при помощи шпилек М16 прикреплен ствол мачты. В нижнем сечении ствола мачты выполнена площадка и опорный контур для крепления оттяжек – горизонтальная крестовая система балок, опертая на подкосы. Для восприятия горизонтальных нагрузок ствол мачты в 2-х ярусах закреплен оттяжками, которые разведены на 4 направления.

По высоте ствол мачты разделен на монтажные секции, соединенные между собой фланцевыми болтовыми соединениями.

Секции характеризуются следующими параметрами (см. рис. 2): расстояние между поясами ствола составляет 0.45х0.45м, высота секции - 2м, по высоте каждая грань секции разбита решеткой на 4 панели. Пояса выполнены из круглых бесшовных труб 57х4мм. Распорки решетки выполнены из сортового проката круглого сечения ∅10мм, раскосы - из сортового проката круглого сечения ∅12мм. Элементы решетки приварены к поясам внахлестку, длины сварных швов 20-40мм. Все соединения бесфасоночные. В верхнем сечении секций выполнены диафрагмы стержневого крестового типа из сортового проката круглого сечения ∅10мм.

Секции соединяются при помощи фланцевых соединений. Фланцы (по каждому поясу секции) выполнены с размерами 160х160мм и толщиной 12мм. Соединение секций выполнено на 16-ти болтах (по 4 болта на каждый пояс) М16, класс прочности болтов «5.8».

Пояса выполнены из круглых бесшовных труб 57х4мм. Распорки решетки выполнены из сортового проката круглого сечения ∅10мм, раскосы - из сортового проката круглого сечения ∅12мм. Элементы решетки приварены к поясам внахлестку, длины сварных швов 20-40мм. Все соединения бесфасоночные.

В верхнем и нижнем сечениях секции установлены внутрисекционные диафрагмы.

Диафрагмы выполнены стержневого крестового типа (без распорок по граням ствола мачты) - из сортового проката круглого сечения ∅10мм.

В качестве оттяжек всех использованы стальные канаты одинарной свивки диаметром ∅9.1мм со стальным сердечником. Крепление канатов оттяжек к стволу мачты выполнено через проушины высотой 200мм и толщиной 12мм с накладками толщиной 8мм.

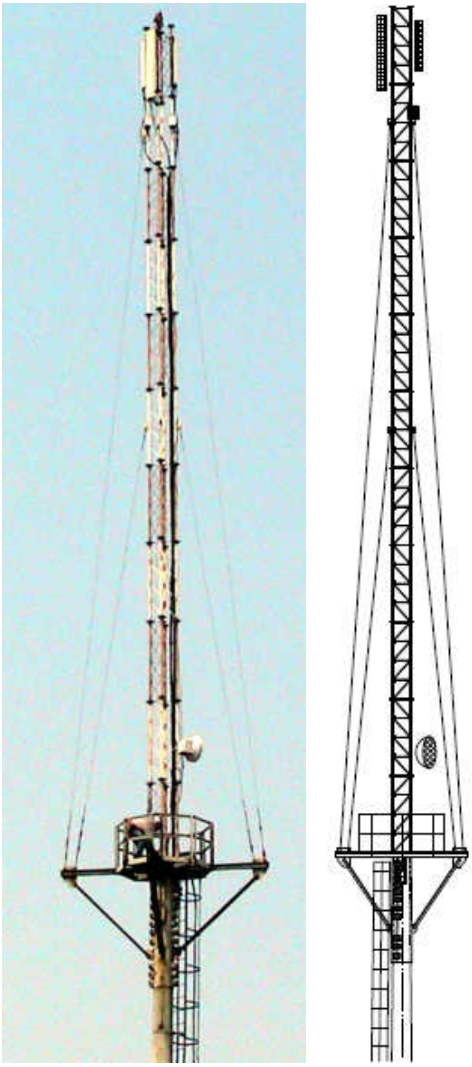


Рис. 1. Общий вид на мачту / General view of the mast

Канаты прикреплены к проушинам через планки с отверстиями длиной 290мм (устройство типа «нониус»). Крепление талрепов к «нониусным» планкам выполнено через стальные скобы.

На стволе мачты установлено следующее оборудование: антенны типа "Kathrein" (1.3х0.155м, 2.0х0.26м), "Powerwawe" (0.23х0.17м), на отм.+23.000 смонтирована 1 параболическая антенна "Ericsson" ∅0.7м.

По результатам обследования для железобетонного столба дефекты и повреждения, ограничивающие эксплуатацию не выявлены:

- отклонение столба от вертикали до 25мм – не превышают предельно допустимые;
- отдельные выколы бетона – глубиной до 5мм;
- мелкие трещины в теле столба (с шириной раскрытия до 0.2мм) – без четкой ориентации и с заплывшими границами.

Согласно [2], техническое состояние железобетонного столба – удовлетворительное (2 категория).

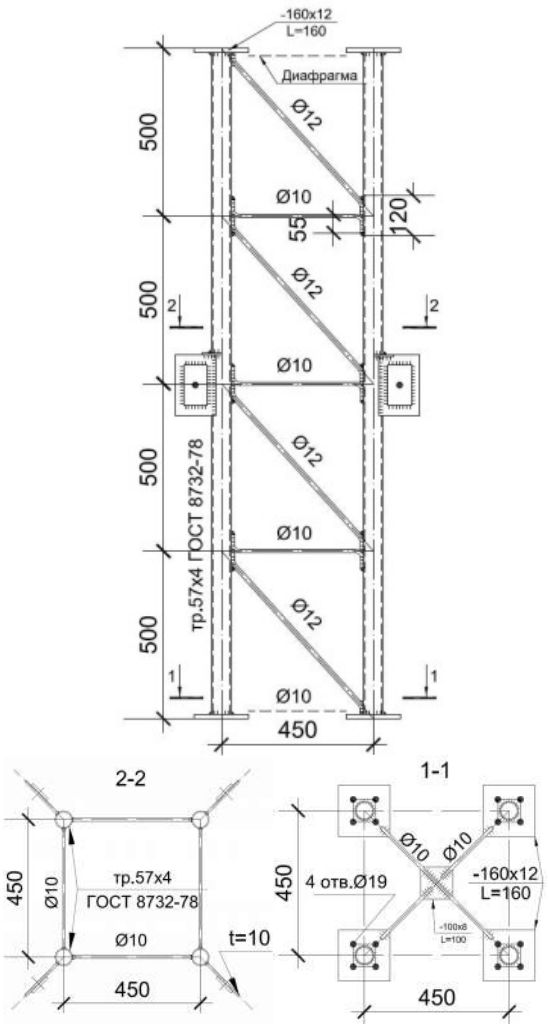


Рис. 2. Схема секции / Scheme section

При обследовании ствола мачты (поясов, решетки, диафрагм и фланцев) были обнаружены следующие виды характерных дефектов и повреждений:

– выгибы элементов решетки ствола мачты в плоскости и из плоскости – со стрелками до 25мм (на длине элемента);

– неполномерность сварных швов крепления элементов решетки к поясам ствола мачты – с отклонениями до 2мм;

– наплывы в сварных швах крепления элементов решетки к поясам ствола мачты – величиной до 1мм;

– подрезы основного металла распорок и раскосов решетки (глубиной 1.5÷3.5мм) – в местах примыкания элементов решетки к поясам ствола мачты, уменьшение сечения элементов решетки на 15÷30%;

– массовые вспучивания и отслаивания антикоррозионного покрытия, развитие очагов коррозии под слоем краски и появление следов коррозии на поверхности элементов поясов, решетки, диафрагм и фланцев (общая площадь поврежденных участков краски составляет 25% от общей площади развернутой поверхности элементов мачты);

– внутрисекционные диафрагмы не замкнуты по периметру (отсутствуют распорки в верхних и нижних сечениях секций ствола мачты;

– во всех фланцевых стыках секций ствола мачты между собой под гайками болтовых соединений установлены последовательно пружинные шайбы (в некоторых соединения установлены по две пружинные шайбы) и плоские шайбы;

– в узле крепления опорного листа нижней секции ствола мачты к площадке под гайками болтовых соединений установлены пружинные шайбы и плоские шайбы;

– смещение смежных фланцев секций ствола мачты по горизонтали друг относительно друга – на расстояние 3-10мм;

– отклонение ствола мачты от вертикали на расстояние до 40мм.

При обследовании конструкций оттяжек обнаружены:

– отсутствие ребер жесткости на «серьгах» (проушинах для крепления оттяжек к стволу мачты);

– отсутствие прокладок из мягкого металла в местах контакта канатов оттяжек с петлями натяжных устройств;

– нарушения натяжения канатов оттяжек;

– нарушения сплошности (раскручивание) канатов оттяжек в узлах крепления оттяжек.

– оси оттяжек (хорды) не сцентрированы в узлы ствола мачты;

Дефекты и повреждения конструкций опорного контура:

– между спаренными уголками подкосов опорного контура отсутствуют соединительные «сухарики»;

– фланговые сварные швы, приваривающие уголки подкосов опорного контура к фасонкам на стволе мачты и на балках опорного контура, не проварены на длину нахлеста;

– вспучивания и отслаивания антикоррозионного покрытия, развитие очагов коррозии под слоем краски и появление следов коррозии на поверхности элементов балок, подкосов и фасонок (общая площадь поврежденных участков краски составляет 35% от общей площади развернутой поверхности элементов опорного контура).

Дефекты и повреждения элементов крепления мачты к столбу:

– отсутствие шайб под гайками на стяжных шпильках М16 в узле притягивания мачты к столбу;

– на стяжных шпильках М16 в узле притягивания мачты к столбу не предусмотрены мероприятия против развинчивания гаек;

– местные погнутости стяжных шпилек в узле притягивания мачты к столбу - со стрелками до 5мм на длине до 100мм.

Дефекты и повреждения конструкций площадки:

– массовые выгибы элементов заполнения настила в плоскости и из плоскости – со стрелками до 40мм (на длине элемента);

– массовые вспучивания и отслаивания антикоррозионного покрытия, развитие очагов коррозии под слоем краски и появление следов коррозии на поверхности элементов площадки (общая площадь поврежденных участков краски составляет 20% от общей площади развернутой поверхности элементов площадки).

Техническое состояние стальных конструкций мачты – непригодное к нормальной эксплуатации (3 категория) согласно [2,5].

С позиции влияния на техническое состояние и износ сооружения в целом получено распределение описанных выше типов дефектов и повреждений для обследованных однотипных 20-ти мачт (см. табл. 1).

Таблица 1

Влияние дефектов и повреждений на износ сооружения в целом / The influence of defects and damage to the structure as a whole wear

Дефекты и повреждения	Удельный вес
ствола мачты	25%
конструкций опорного контура	15%
элементов крепления мачты к столбу	20%
оттяжки и их узлы крепления	37%
железобетонный столб	3%

Расчеты мачты выполнялись на стадии обследования с целью установления остаточной несущей способности и пригодности к нормальной эксплуатации конструкций с учетом выявленных при обследовании дефектов, износа, требований действующих на момент обследования нормативных документов.

Расчеты проводились согласно [1, 4, 8, 10] с учетом рекомендаций [6, 7].

Для удобства сопоставлений результатов расчетов будем сравнивать коэффициенты использования конструкций (соотношение внутренних усилий или напряжений и расчетных сопротивлений материалов).

В табл. 2 приведены результаты расчетов при отсутствии дефектов и повреждений.

Таблица 2

Результаты расчета согласно [8] без дефектов и повреждений / The calculation results according to [8] without defects and damages

Конструктивный элемент	Коэффициент использования
Пояса ствола мачты	0.45
Решетка секций, диафрагмы ствола мачты	0.9
Конструкции опорного контура	0.7
Узлы секций	0.7
Узлы крепления мачты к столбу	0.6
Оттяжки и их узлы крепления	0.8

В табл. 3 приведены результаты расчетов при учете характерных дефектов и повреждений.

Таблица 3

Результаты расчета согласно [10] с дефектами и повреждениями / The calculation results according to [10] with defects and damages

Конструктивный элемент	Коэффициент использования
Пояса ствола мачты	0.6
Решетка секций, диафрагмы ствола мачты	**>1**
Конструктивный элемент	Коэффициент использования
Конструкции опорного контура	**>1**
Узлы секций	0.9
Узлы крепления мачты к столбу	**>1**
Оттяжки и их узлы крепления	**>1**

Приведем характерные мероприятия по устранения обнаруженных дефектов и повреждений мачты мобильной связи.

Замену канатов оттяжек с установкой временных страховочных тросов и прокладок из мягкого металла в местах контакта канатов оттяжек с петлями натяжных устройств и «серьгами» следует выполнять в следующем порядке:

- демонтаж существующего технологического оборудования на стволе мачты;
- усиление стальной насадки на железобетонном столбе;
- контроль натяжения гаек на стяжных шпильках М36 в узле крепления мачты на столбе, на стяжных шпильках М16 в узлах крепления мачты на площадке;
- ремонт подкосов опорного контура – «варка» дополнительных сухариков;
- замена настил площадки в уровне низа мачты;
- контроль натяжения и замена существующих болтов во фланцевых болтовых соединениях;
- усиление узлов крепления оттяжек по схеме на рис. 3;
- усиление секций ствола мачты – изменение схемы решетки, см. рис. 4;
- выравнивание ствола мачты, проверка равномерности сил натяжения оттяжек;
- контроль и восстановление антикоррозионного покрытия стальных конструкций.

В работе [3] обсуждаются методики развития научных основ комплексной диагностики и мониторинга, позволяющие в перспективе проводить оценку остаточного ресурса строительных объектов, их реконструкцию. Алгоритм такой диагностики применен к рассматриваемому типу мачт - описанные выше дефекты и повреждения идентифицируются по изменению частот и форм собственных колебаний.

Сначала приведем результаты расчета частот и периодов собственных колебаний по 6 низшим формам мачты на железобетонном столбе при отсутствии дефектов и повреждений, см. табл. 4.

Вид форм колебаний приведен на рис. 5.

Первая и вторая формы собственных колебаний

соответствуют первому тону изгибных колебаний ствола мачты в двух вертикальных плоскостях по аналогии с консольным стержнем. Третья и четвертая формы собственных колебаний соответствуют второму тону изгибных колебаний ствола мачты в двух вертикальных плоскостях по аналогии с консольным стержнем.

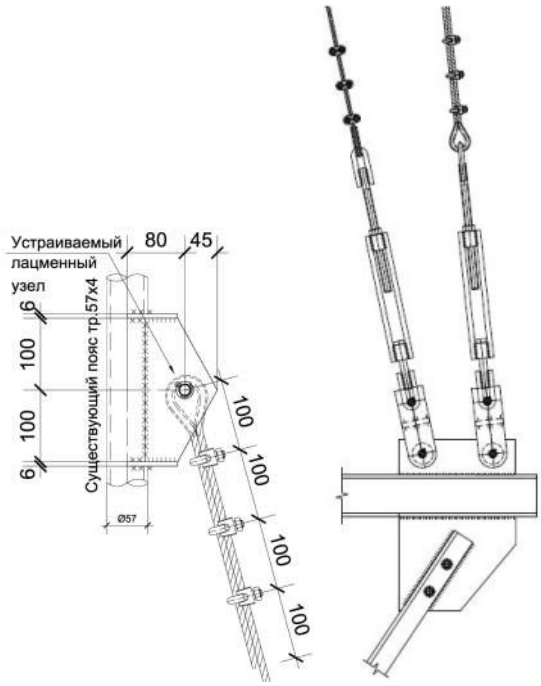


Рис. 3. Схема усиления узла крепления оттяжек / Scheme of strengthening the fastening points of cable mast

Таблица 4

Частоты и периоды собственных колебаний конструкции мачты без дефектов и повреждений / Frequencies and periods of natural oscillations of the mast structure without defects and damages

Форма	Частота		Периоды (сек)
	1/сек	ГЦ	
1	3,212	0,512	1,955
2	3,212	0,512	1,955
3	11,608	1,848	0,541
4	11,608	1,848	0,541
5	26,3	4,188	0,239
6	26,3	4,188	0,239

Пятая и шестая формы собственных колебаний соответствуют третьему тону изгибных колебаний ствола мачты в двух вертикальных плоскостях по аналогии с консольным стержнем.

Наибольший вклад при вынужденных колебаниях в нагруженность ствола мачты вносят первая и вторая формы.

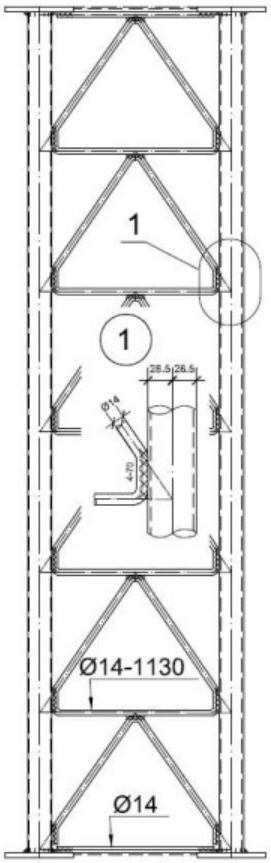
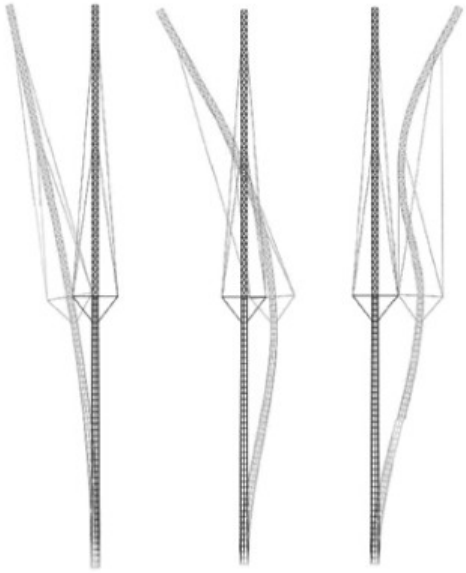


Рис. 4. Схема усиления секций / Scheme of reinforcement of sections



а б с

Рис. 5. Формы свободных колебаний мачты: первая и вторая (а), третья и четвертая (б), пятая и шестая (с) / Forms of free vibrations of the mast: the first and second (a), third and fourth (b), fifth and sixth (c)

Таблица 5

Частоты и периоды собственных колебаний конструкции мачты только с дефектами и повреждениями ствола мачты / Frequency and periods of natural oscillations of the mast structure only with defects and damage of the mast

Форма	Частота		Периоды (сек)
	1/сек	ГЦ	
1	3,105	0,494	2,023
2	3,111	0,495	2,019
3	10,322	1,644	0,608
4	10,409	1,657	0,603
5	25,176	4,009	0,249
6	25,219	4,016	0,249

Таблица 6

Частоты и периоды собственных колебаний конструкции мачты только с дефектами и повреждениями узлов крепления к столбу, опорного контура / Frequency and periods of natural oscillations of the mast structure only with defects and damage of nodes of fastening to a pole, a supporting contour

Форма	Частота		Периоды (сек)
	1/сек	ГЦ	
1	3,178	0,506	1,976
2	3,178	0,506	1,976
3	10,219	1,627	0,615
4	10,219	1,627	0,615
5	14,638	2,331	0,429
6	14,638	2,331	0,429

При характерных дефектах и повреждениях мачты происходит перераспределение частот собственных колебаний по определенным формам. При определенных дефектах и повреждениях меняется последовательность форм собственных колебаний. Таким образом, изменение частот и форм собственных колебаний позволяет идентифицировать дефекты и повреждения. Для наглядности в табл. 5-7 приведены результаты расчета частот собственных колебаний при характерных дефектах и повреждениях мачты.

Таблица 7

Частоты и периоды собственных колебаний конструкции мачты только только с дефектами и повреждениями оттяжек их узлов/ Frequency and periods of natural oscillations of the mast structure only with defects and damage of the fastening points of cable mast

Форма	Частота		Периоды (сек)
	1/сек	ГЦ	
1	3,16	0,503	1,987
2	3,16	0,503	1,987
3	4,761	0,758	1,319
4	10,115	1,611	0,621
5	10,115	1,611	0,621
6	11,791	1,877	0,533

Научная новизна и практическая ценность

Классифицированы характерные дефекты и повреждения, результаты расчета и усиления одного из типов мачт мобильной связи. Предлагаются принципиально новые методы диагностики, позволяющие сократить объем работ по инструментальному обследованию однотипных конструкций.

Выводы

Для рассмотренного типа мачт мобильной связи развиваемое направление комплексной методики анализа динамических характеристик с расчетно-измерительными мероприятиями позволяет контролировать развитие дефектов и повреждений, выбирать рациональные конструктивные решения усиления и новые эффективные конструктивные формы при проектировании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нагрузки и воздействия: ДБН В.1.2-2:2006/ Мінрегіон України. – Київ, 2006. – 60 с.
2. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану: ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 / ДП «УкрНДЦ». – Київ, 2017. – 43 с.
3. Обследование и динамическая паспортизация сооружений как инструмент поиска повреждений несущих конструкций / В.В. Кулябко, В.П. Чабан, А.В. Макаров // Будівельні конструкції. – 2015. – Вип. 82. – С. 484-492. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/buko_2015_82_55
4. Общие принципы обеспечения надежности и конструктивной безопасности зданий, сооружений строительных конструкций и оснований: ДБН В.1.2-14-2009 / Мінрегіон України. – Київ, 2009. – 41 с.
5. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються: ДСТУ Б В.2.6-210:2016 / Мінрегіон України. – Київ, 2017. – 80 с.
6. Перельмутер А.В. SCAD Office. Расчет мачт на оттяжках. – Киев: Издание ООО SCAD Soft, 2004. – 46с.
7. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций (к СНиП II-23-81*) / УкрНИИпроектстальконструкция. – Москва: Стройиздат, 1989. – 159 с.
8. Прогини та переміщення: ДСТУ БВ.1.2-3:2006 / Мінрегіон України. – Київ, 2006. – 10 с.
9. Ремонт і підсилення несучих і огороджувальних будівельних конструкцій та основ будівель та споруд: ДСТУ Б В.3.1-2:2016 / ДП «УкрНДЦ». – Київ, 2017. – 67 с.

10. Сталеві конструкції. Норми проектування: ДБН В.2.6-198:2014 / Мінрегіон України. – Київ, 2014. – 199 с.
11. Шимановский А.В. Оценка влияния дефектов и повреждений и их накоплений на работу высотных сооружений / А.В. Шимановский, С.М. Кондра // Сборник научных работ Украинского института стальных конструкций имени В.М. Шимановского. – 2014. – Вып. 14. С. 5-13. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua./UJRN/ZNPISK_2014_14_3.

REFERENCES

1. Nagruzki i vozdejstviya: DBN V.1.2-2:2006 / Minstroj Ukrainy. – Kiev, 2006. – 60 s.
2. Nastanova shchodo obstezhennya budivel' i sporud dlya viznachennya ta ocinki ix tekhnichnogo stanu: DSTU-N B V.1.2-18:2016 / DP «UkrNDC». – Kiev, 2017. – 43 s.
3. Obsledovanie i dinamicheskaya pasportizaciya sooruzhenij kak instrument poiska povrezhdenij nesushchih konstrukcij / V. V. Kulyabko, V. P. CHaban, A. V. Makarov // Budivel'ni konstrukcії. - 2015. - Vip. 82. - S. 484-492. - Rezhim dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/buko_2015_82_55
4. Obshchie principy obespecheniya nadezhnosti i konstruktivnoj bezopasnosti zdanij, sooruzhenij stroitel'nyh konstrukcij i osnovanij: DBN V.1.2-14-2009 / Minregionstroj Ukrainy. – Kiev, 2009. – 41 s.
5. Ocinka tekhnichnogo stanu stalevih budivel'nih konstrukcij, shcho ekspluatuyut'sya: DSTU B V.2.6-210:2016 / Minregion Ukraïni. – Kiev, 2017. – 80 s.
6. Perel'muter A.V. SCAD Office. Raschet macht na ottyazhkah. – Kiev: Izdanie OOO SCAD Soft, 2004. – 46 s.
7. Posobie po proektirovaniyu usileniya stal'nyh konstrukcij (k SNiP II-23-81*) / UkrNIIproektstal'konstrukciya. – Moscow: Strojizdat, 1989. – 159 s.
8. Progini ta peremishchennya: DSTU BV.1.2-3:2006 / Minbud Ukraïny. – Kiev, 2006. – 10 s.
9. Remont i pidsilennya nesuchih i ogorodzhuval'nih budivel'nih konstrukcij ta osnov budivel' ta sporud: DSTU B V.3.1-2:2016 / DP «UkrNDNC». – Kiev, 2017. – 67 s.
10. Stalevi konstrukcії. Normi proektuvannya: DSTU BV.1.2-3:2006 / Minregion Ukraïni. – Kiev, 2014. – 199 s.
11. SHimanovskij A.V. Ocenka vliyaniya defektov i povrezhdenij i ih nakoplenij na rabotu vysotnyh sooruzhenij / A.V. SHimanovskij, S.M. Kondra // Sbornik nauchnyh rabot Ukrainskogo instituta stal'nyh konstrukcij imeni V.M. SHimanovskogo. – 2014. – Vyp. 14. P. 5-13. – Rezhim dostupu: http://nbuv.gov.ua./UJRN/ZNPISK_2014_14_3

Стаття рекомендована до публікації д–ром. техн. наук, проф. В.І. Большаковым (Україна), д–ром. техн. наук, проф. Д.В. Лаухіним (Україна)