



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

2015, ТОМ 21, НОМЕР 3, 135–145

УДК 624.97:620.91

(15)-0333-1

НАВАНТАЖУВАЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ ОДНОЛАНЦЮГОВОЇ АНКЕРНО-КУТОВОЇ ОПОРИ ТИПУ У110-1

Є. В. Горохов, В. М. Василев, А. М. Альохін

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.
E-mail: alyokhin_20@mail.ru*

Отримана 19 серпня 2015; прийнята 25 вересня 2015.

Анотація. У статті наведені результати навантажувальних випробувань одноланцюгової анкерно-кутової металеві опори типу У110-1 напругою 110 кВ. Опора виконана з фасонного прокату (кутикового профілю) зі сталі ВСт3 висотою 20,7 м, базою по обухках 4,7 м і вагою опори без цинкового покриття 5 040 кг. Випробування проведені на Полігоні випробувань ліній електропередавання і баштових споруджень Донбаської національної академії будівництва і архітектури (Полігон ДонНАБА). Метою випробувань було визначення несучої здатності і деформативності опори в основних розрахункових режимах і перевірка відповідності опори вимогам креслень КМД типового проекту № 3078тм-т10, розробленого ВДППНДІ «Енергомережпроект» (коректування 1978 р.). Випробування опори проводилися за 4-ма схемами завантаження, які дозволили перевірити дійсну роботу опори У110-1 під дією статичних навантажень.

Ключові слова: полігон, навантажувальні випробування, опори ПЛ, методика випробувань, кутикові профілі, переміщення, схема завантаження.

НАГРУЗОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОДНОЦЕПНОЙ АНКЕРНО-УГЛОВОЙ ОПОРЫ ТИПА У110-1

Є. В. Горохов, В. Н. Васильев, А. М. Алёхин

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
2, ул. Державина, г. Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.
E-mail: alyokhin_20@mail.ru*

Получена 19 августа 2015; принята 25 сентября 2015.

Аннотация. В статье представлены результаты нагрузочных испытаний одноцепной анкерно-угловой металлической опоры типа У110-1 напряжением 110 кВ. Опора выполнена из фасонного проката (уголкового профиля) из стали ВСт3 высотой 20,7 м, базой по обухкам 4,7 м и весом опоры без цинкового покрытия 5 040 кг. Испытания проведены на Полигоне испытаний линий электропередач и башенных сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры (Полигон ДонНАСА). Целью испытаний являлось определение несущей способности и деформативности опоры в основных расчетных режимах и проверка соответствия опоры требованиям чертежей КМД типового проекта № 3078тм-т10, разработанного ВДППНДІ «Енергомережпроект» (корректировка 1978 г.). Испытания опоры проводились по 4-м схемам загрузки, которые позволили проверить действительную работу опоры У110-1 под действием статических нагрузок.

Ключевые слова: полигон, нагрузочные испытания, опоры ВЛ, методика испытаний, уголкового профілі, перемещения, схема завантаження.

STRESS TESTING SINGLE-CIRCUIT ANGLE-TENSION SUPPORT TYPE U110-1

Yevgen Gorokhov, Volodymyr Vasylev, Andrey Alyokhin

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makiyivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.
E-mail: alyokhin_20@mail.ru*

Received 19 August 2015; accepted 25 September 2015.

Abstract. The article presents the results of stress tests of single-circuit angle-tension-type metal support U110-1 voltage of 110 kV. The support is made of structural shapes (angle bar) steel VSt3 height 20.7 m, based on the butt 4.7 m and weight bearing without zinc coating 5 040 kg. Tests were carried out on ground tests of power lines and tower structures of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture (on the DNASA Ground). The aim of the test was to determine the bearing capacity and deformability of the support in the main design modes and conformity assessment requirements support drawings KMD № 3078tm model project developed by NWD-T10 INSTITUTE «Energosetproject» (revision 1978). The tests were carried out on a support 4 of loading schemes that allow to check that the work supports U110-1 under static loads.

Keywords: tower testing station, static testing, overhead powerline supports, the test procedure, angled sections, displacement, loading scheme.

Введение

Воздушные линии электропередачи (ВЛ) служат для передачи и распределения электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и закрепляемым при помощи изоляторов и линейной арматуры на опорах [9].

ВЛ состоят из основных (опора, провода, изоляторы, линейная арматура, фундаменты) и дополнительных элементов (грозозащитные тросы, заземление, разрядники), к которым предъявляются требования для обеспечения их надежности и эксплуатационной пригодности. В зависимости от способа подвески проводов опоры делятся на промежуточные и анкерного типа. Анкерные угловые опоры воспринимают горизонтальные поперечные и вертикальные нагрузки, а также нагрузки от тяжения проводов и грозозащитных тросов [9, 12, 15–17].

В настоящее время в Украине более 1/3 опор ВЛ, находящихся в эксплуатации, изготовлены по типовым альбомам СССР, которые исчерпали свой ресурс или он близок к окончанию [1, 3]. Воздушные линии электропередачи устанавливаются в различных климатических районах, которые влияют на выбор элементов линий и регламентируются ПУЭ [11]. От правильного учета действительных нагрузок и воздействий

(постоянных, длительных, кратковременных и аварийных) зависит надежность и срок эксплуатации конструкции ВЛ, что позволит избежать их аварий, которые наносят огромный ущерб как потребителям, так и эксплуатирующим организациям [1, 3]. Поэтому для проверки несущей способности и деформативности анкерно-угловой опоры типа У110-1 были проведены нагруженные испытания на Полигоне ДонНАСА.

Описание объекта исследования

Для испытания представлена одноцепная анкерно-угловая опора типа У110-1 напряжением 110 кВ, разработанная в соответствии с чертежами КМД опоры по типовому проекту № 3078tm–т10, разработанного ВПНИИ «Энергосетьпроект» в 1968 году (корректировка 1978 г.) (рис. 1) [13]. Опора представляет собой пространственную стержневую ферму в виде правильной четырехгранной пирамиды с призматической верхней частью 0,5 м с крестовой и треугольной решетками из одиночных уголков. Конструктивно ствол опоры состоит из трёх секций высотой 10,5, 4,0 и 6,2 м. База опоры по обухам составляет 4,7 × 4,7 м. Секции соединяются между собой болтами М16 и М24 класса проч-

ности 5,8 из стали ВСт3. Высота опоры составляет 20,7 м, высота до нижней траверсы 10,5 м и до верхней траверсы 14,5 м. Расстояние между траверсами 5,0 и 3,5 м. Траверса выполнена из уголкового профиля сечением 90×7 (пояса), 90×7 , 70×6 и 50×4 (раскосы и распорки) из стали ВСт3 (рис. 2). Секции опоры выполнены из уголкового профиля сечением 125×8 , 110×8 и 90×7 (пояса), 70×6 (раскосы), 90×7 (диафрагмы и распорки) (рис. 2). Материал конструкций секций опоры – сталь фасонная и листовая ВСт3 [6, 14]. Расчётные нагрузки на опору определены для подвески 3-х проводов АСО-240 и грозозащитного троса С-50. Нормативное ветровое давление 500 Па [7].

Методика проведения испытаний

Нагрузочные испытания опоры У110-1 проводились на Полигоне испытаний линий электропередач и башенных сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры [2, 4, 5] (рис. 3).

Испытываемая анкерно-угловая опора 1 устанавливалась на силовой пол 2 через опорные силовые балки 3, которые служат базой (фунда-

ментом) для испытываемой опоры 1 (рис. 3). Для установки опоры 1 на силовой пол 2 применялся грузоподъемный автомобильный кран $Q=25$ тонн. Балки 3 устанавливались на три тавра (ручья) и крепились к ним с помощью парных скоб, что позволило расположить продольную ось балки с привязкой относительно поперечной оси силового пола 2 с точностью 1 мм.

Нагрузка на опору 1 создавалась силовыми башнями нормального 4 и аварийного 5 режимов. Башни 4, 5 предназначены для создания необходимого направления натяжного троса 8 и поддержания этого направления во время нагружения испытываемой опоры 1. С помощью натяжного устройства создавались необходимые схемы загрузки. Натяжные устройства состоят из полиспаста 6, ручных лебедок 7 и натяжных тросов 8. Расположение тросов 8 представлены на рис. 4 и 5. Неподвижные блоки полиспастов натяжных устройств устанавливались на силовых фермах 9. Натяжение рабочего троса полиспастов 6 осуществлялось ручными лебедками 7, установленных на силовых площадках нормального 10 и аварийного 11 режимов между силовыми башнями 4, 5 и силовыми фермами 9. На силовых площадках нормального режима 10



Рисунок 1. Общий вид опоры У110-1.

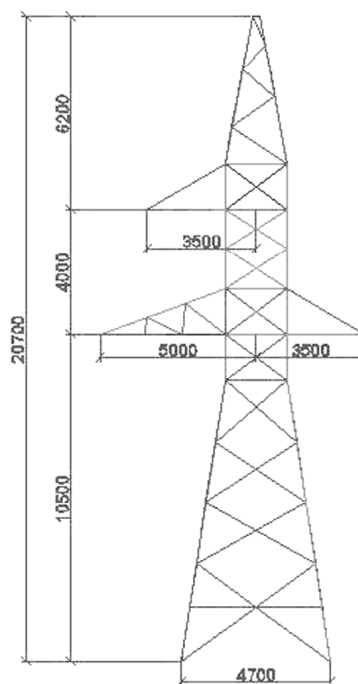


Рисунок 2. Схема опоры У110-1.

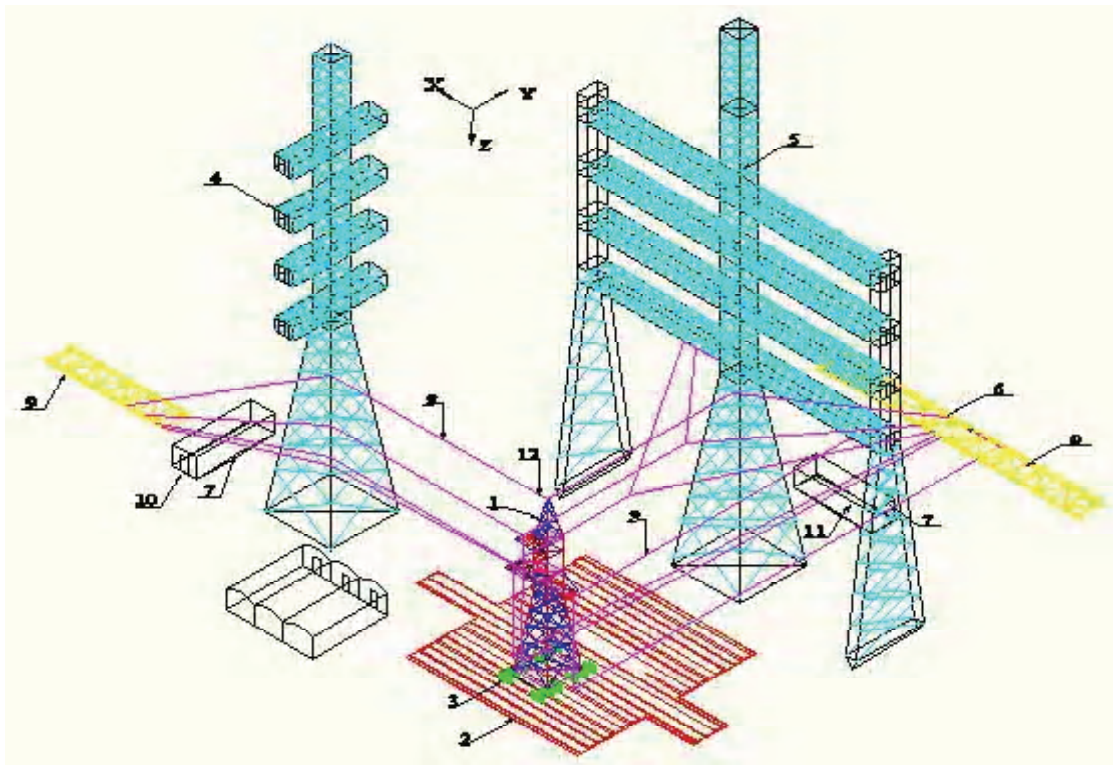


Рисунок 3. Общий вид Полигона испытаний линий электропередач и башенных сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры: 1 – испытываемая опора У110-1, 2 – универсальный силовой пол, 3 – опорные силовые балки, 4 – силовая башня нормального режима, 5 – силовая башня аварийного режима, 6 – полиспаст, 7 – ручные лебедки, 8 – натяжные тросы, 9 – силовые фермы, 10 – силовая площадка для полиспастов нормального режима, 11 – силовая площадка для полиспастов аварийного режима, 12 – электрические динамометры растяжения.

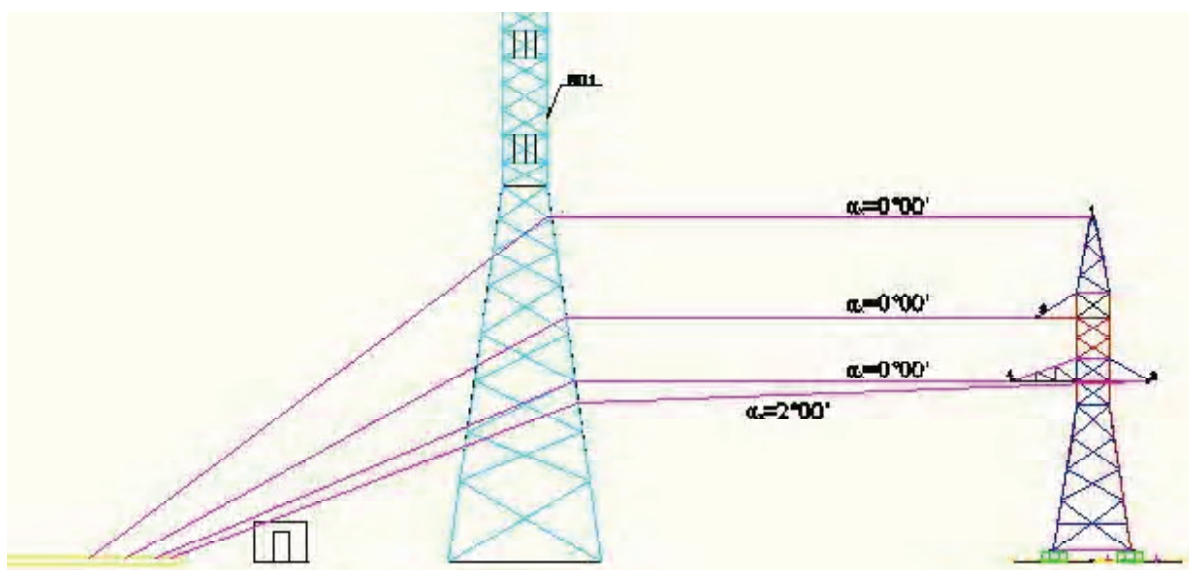


Рисунок 4. Расположение натяжных тросов под углами (вид на силовую башню нормального режима 4).

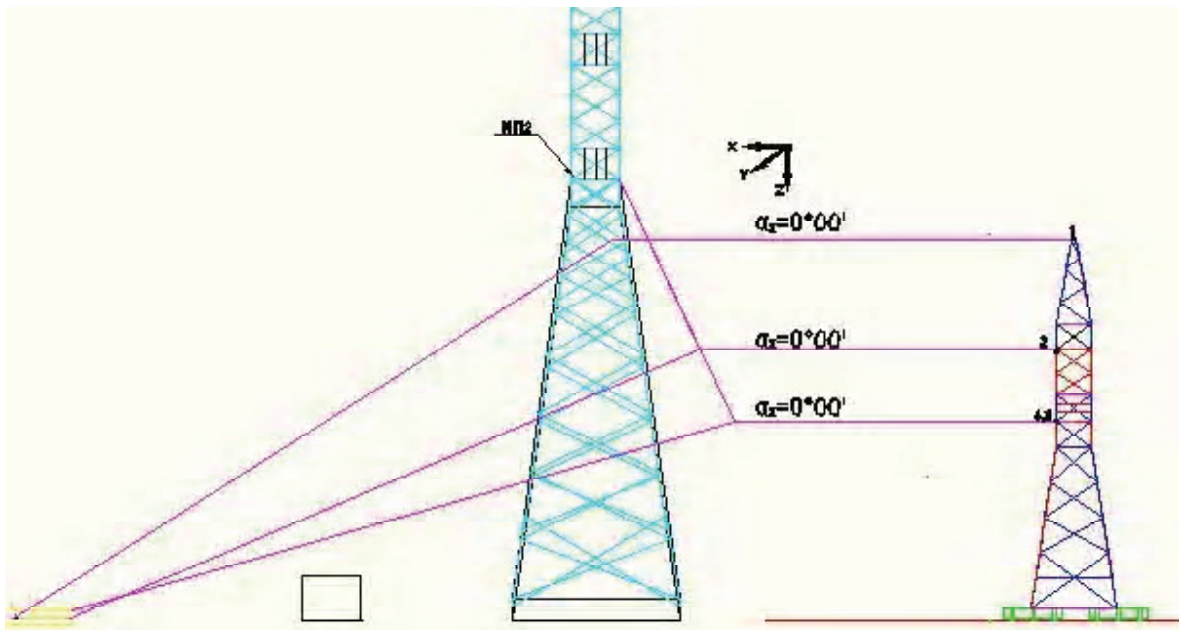


Рисунок 5. Расположение натяжных тросов под углами (вид на силовую башню аварийного режима 5).

использовались по четыре лебедки 7; аварийного режима 11 – по семь лебедок 7. Рабочий трос 8 полиспастов 6 к лебедке 7 подходил со стороны силовых ферм 9. Натяжной трос устанавливался между подвижной обоймой полиспаста 6 и электрическим динамометром растяжения 12 [2, 4, 5].

Загрузки опоры производились пятью ступенями: 25,0, 50,0, 75,0, 100,0 и 102,5 % от предельных нагрузок по МЭК 652 [9]. Усилия X1, Y1, Z1, X2, Y2, Z2, X3, Y3, Z3, X4, Y4 и Z4 контролировались электрическими динамометрами растяжения 12 с диапазоном измерений 30, 50 и 100 кН. Маркировка и направление нагрузок представлены на рис. 6. Электрические динамометры 12 присоединялись к автоматизированному комплексу управления испытаниями и проверялись перед испытанием, с помощью контрольной тарировки на образцовом динамометре ДОР 3-10. Автоматизированный комплекс представляет собой линейку модулей фирмы OWEN, интегрированной в единый информационно-управляющий модуль реального времени с помощью технологической SCADA-системы фирмы «ИНСАЙТ» «Master SCADA» (рис. 7).

Нагрузочные испытания

Цель испытаний – определение несущей способности и деформативности одноцепной анкерно-угловой опоры У110-1 в основных расчетных режимах и проверка соответствия опоры требованиям проекта № 3078тм-155, разработанного ВГПИНИИ «Энергосетьпроект» [13].

Для достижения поставленной цели испытаний были решены следующие задачи:

- проверены несущая способность и деформативность опоры по основным схемам загрузки. Предельное отклонение верха стойки при нормативных нагрузках нормальных режимов не должно превышать 207 мм ($H/100=20\ 700/100=207$ мм, где H – высота стойки в мм, МТ701.000.0071-86, п. 8 примечание 3) [10]. Остаточные горизонтальные перемещения верха ствола опоры после разгрузки в нормальных режимах не должны превышать 69,4 мм ($f_0=0,2f_{yup}=0,2 \times 207=41,4$ мм, где f_0 – остаточные деформации, f_{yup} – упругие деформации);
- проверена механическая прочность конструкции. В течение одной минуты опора выдержала предельные нагрузки, равные 102,5 %

расчетных (ДБН В.2.6-163:2010) [6], во всех режимах без видимых деформаций и разрушений элементов или составляющих частей;

- определена эксплуатационная пригодность, которая оценивалась по результатам испытаний.

Статические испытания опоры проводились по программе испытаний, разработанной в соответствии со Стандартом МЭК № 652 «Испытание опор воздушных линий электропередач механическими нагрузками» [8].

Анкерно-угловая опора У110-1 испытывалась в 4-х расчетных режимах в соответствии с расчетным листом проекта расчетного листа проекта № 3078тм-155, разработанного ВГПИНИИ «Энергосетьпроект» в следующей последовательности:

- испытание № 1, схема загрузки № III: оборван один провод, дающий наибольший крутящий момент на опору. IV район гололеда $\alpha = 60^\circ \text{C}$, без разности тяжений, $t = -5^\circ \text{C}$, $C = 20 \text{ мм}$, $g = 0$. Провода АСО-240, трос С-50. Схема является расчетной для расколов ствола и пояса верхней траверсы (рис. 8);

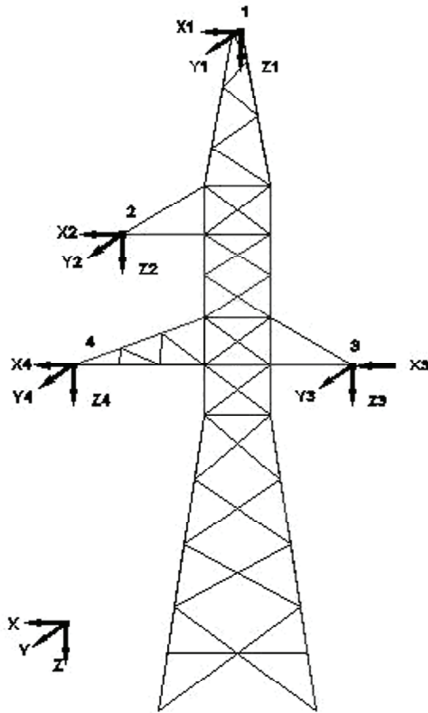


Рисунок 6. Маркировка и направление нагрузки.

- испытание № 2, схема загрузки № II: провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль осей траверс. IV район гололеда $\alpha = 60^\circ \text{C}$; безразности тяжений, $t = -5^\circ \text{C}$, $C = 20 \text{ мм}$, $g_n = 14 \text{ кг/м}^2$, $g_r = 17 \text{ кг/м}^2$. Провода АСО-240, трос С-50. Схема является расчетной для поясов ствола опоры и тяг траверс;

- испытание № 3, схема загрузки № I: провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль осей траверс. I район гололеда $\alpha = 60^\circ \text{C}$; разность тяжений $t = -5^\circ \text{C}$, $C = 0$, $g_n = 50 \text{ кг/м}^2$, $g_r = 66 \text{ кг/м}^2$. Провода АСО-240, трос С-50;

- испытание № 4, схема загрузки № II_к: концевая опора. Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль осей траверс. IV район гололеда $\alpha = 0^\circ \text{C}$, $t = -5^\circ \text{C}$, $C = 20 \text{ мм}$, $g_n = 14 \text{ кг/м}^2$, $g_r = 17 \text{ кг/м}^2$. Провода АСО-240, трос С-50. Схема является расчетной для поясов ствола, поясов и расколов тросостойки, расколов нижней грани траверс.

Нагрузки прикладывались так, чтобы не возникло динамических воздействий. Разгрузка опоры выполнялась ступенями в обратном порядке. На каждой ступени загрузки фиксировались горизонтальные перемещения стойки опоры (рис. 9). После загрузки до нормативной нагрузки (75 %) производилась разгрузка до 25 % для измерения остаточных перемещений. За нормативную нагрузку принималась

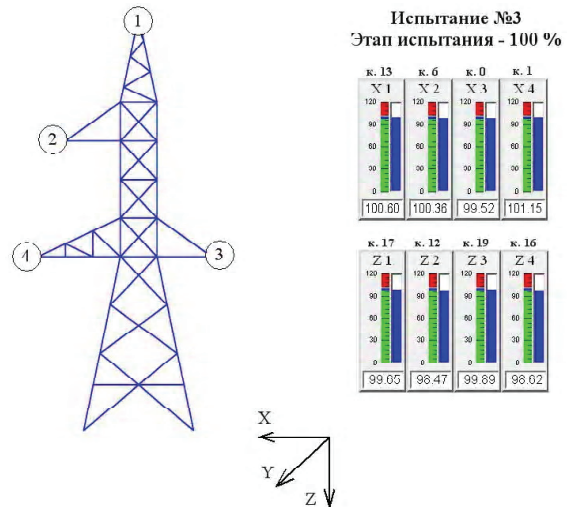


Рисунок 7. Управляющий модуль проведением испытания опоры У110-1.

ступень, равная 75 % от расчетной нагрузки (МТ701.000.0071-86, п. 6.4) [10]. За предельную нагрузку принималась нагрузка, равная 102,5 % от расчетной нагрузки (ДБН В.2.6-163:2010) [6].

Результаты статических испытаний по схемам загрузок проверки несущей способности опоры и деформативности (определение перемещений по направлениям X и Y) в основных расчетных режимах представлены на рис. 10.

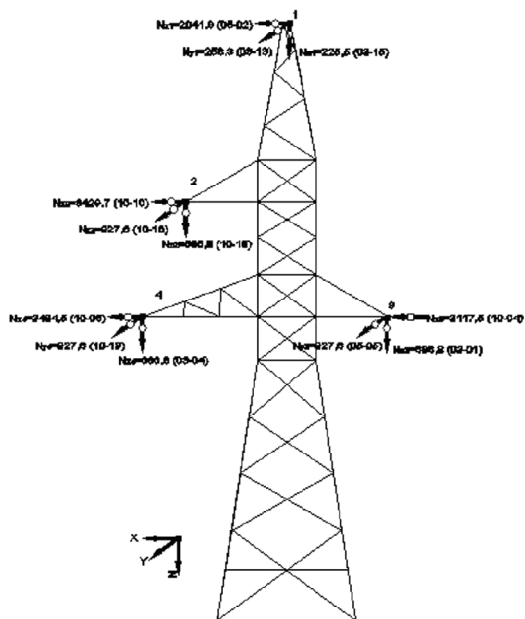


Рисунок 8. Испытание № 1, схема загрузки № III.

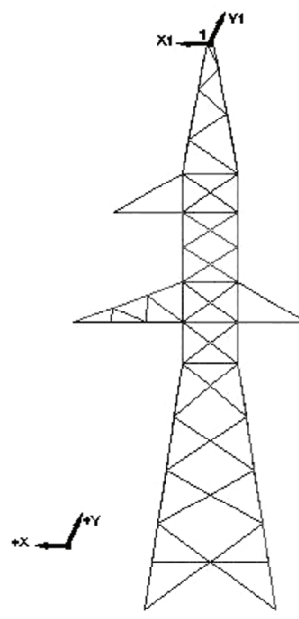
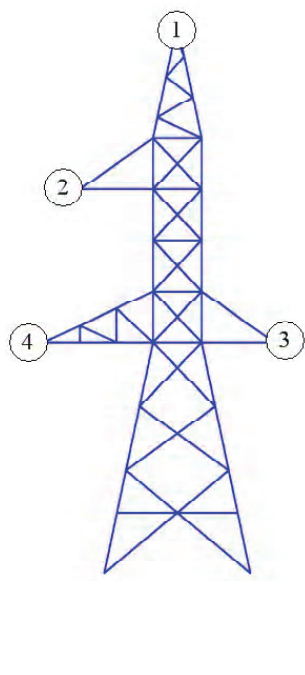


Рисунок 9. Контролируемые линейные смещения в точке 1.



Испытание №3
Этап испытания - 100 %

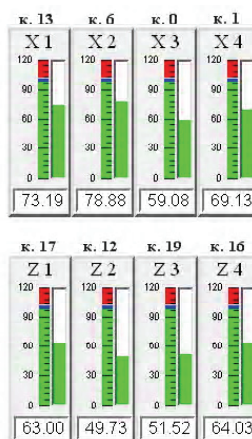


Рисунок 10. Результаты испытаний опоры У110-1 (испытание № 3, схема загрузки № I).



Рисунок 11. Испытание опоры У110-1 по I-й схеме загрузки.

В результате проведенных испытаний установлено, что несущая способность опоры ПМГ330-28 в основных расчетных режимах обеспечена. Общий вид опоры в период проведения испытаний представлен на рис. 11, 12.

Выводы

1. По результатам нагрузочных испытаний одноцепной анкерно-угловой опоры У110-1 уста-

Литература

1. Аэродинамика электросетевых конструкций [Текст] / [Е. В. Горохов, М. И. Казакевич, С. Н. Шаповалов, Я. В. Назим] ; ред. Е. В. Горохов, М. И. Казакевич. – Донецк : [б. и.], 2000. – 336 с. – ISBN 966-7477-19-3.
2. Васылев, В. Н. Исследование пространственной работы крестовой решетки при натурных испытаниях опоры ВЛ на Полигоне ДонНАСА [Текст] / В. Н. Васылев, Е. В. Шевченко, А. В. Танасогло, А. М. Алёхин // Металлические конструкции. 2013. Т. 19, № 1. С. 15–25.



Рисунок 12. Испытание опоры У110-1 по III-й схеме загрузки.

новлено, что несущая способность и механическая прочность опоры обеспечены (опора выдержала предельные нагрузки равные 102,5% от расчетных нагрузок).

2. Максимальные перемещения опоры составили по направлению X по 3-й схеме загрузки $f_x=75$ мм, по направлению Y по 3-й схеме загрузки, $f_y=120$ мм, что не превышает предельного отклонения верха стойки $f_{доп}=207$ мм [10].

References

1. Gorokhov, Y.; Kazakevitch, M.; Shapovalov, S.; Nazim, Y.; Edited by Gorokhov, Y.; Kazakevitch, M. Aerodynamics of the power supply structures. Donetsk: DonNASEA, 2000. 336 p. ISBN 966-7477-19-3. (in Russian)
2. Vasylev, Volodymyr; Shevchenko, Yevgeny; Tanasoglo, Anton; Alyokhin, Andrei. Study of spatial operation of the lattice cross components in full-scale tests of an optl support on the testing ground of DonNACEA. In: *Metal Constructions*, 2013, Volume 19, Number 1, p. 15–25. (in Russian)

3. Ветровые и гололедные воздействия на воздушные линии электропередачи [Текст] / Е. В. Горохов, М. И. Казакевич, С. В. Турбин, Я. В. Назим [и др.]; ред. Е. В. Горохов. – Донецк : [б. и.], 2005. – 348 с. – ISBN 966-7477-50-9.
4. Горохов, Е. В. Методика проведения испытаний антенных опор на Полигоне ДонНАСА [Текст] / Е. В. Горохов, В. Н. Васылев, А. М. Алехин // Металлические конструкции. 2010. Том 16, № 3. С. 151–161.
5. Горохов, Е. В. Статические испытания промежуточной порталной опоры типа ПМГ330-28 на Полигоне ДонНАСА [Текст] / Е. В. Горохов, В. Н. Васылев, А. М. Алехин // Металлические конструкции. 2015. Том 21, № 1. С. 15–23.
6. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу [Текст]. – На заміну СНиП II-23-81* окрім розділів 15*–19, СНиП III-18-75 окрім розділів 3–8, СНиП 3.03.0187 у частині, що стосується сталевих конструкцій окрім п.п. 4.78–4.134; чинні від 2011–12–01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с.
7. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст]. – Замість СНиП 2.01.07-85; надано чинності 2007–01–01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 78 с.
8. ДСТУ ІЕС 60652:2002. Испытание опор воздушных линий электропередач механическими нагрузками [Текст]. – К. : Держстандарт України, 1979. – 10 с.
9. Крюков, К. П. Конструкции и механический расчет линий электропередачи [Текст] / К. Крюков, Б. Новгородцев. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – Л. : Энергия, Ленингр. отд-ние., 1979. – 312 с.
10. МТ 701.000.071-86. Типовая методика механических испытаний элементов линий электропередачи [Текст]. – М. : Энергетик, 1986. – 19 с.
11. Правила улаштування електроустановок. Глава 2.5 «Повітряні лінії електропередавання напругою вище 1 кВ до 750 кВ» [Текст] / Міністерство палива та енергетики України. – К. : ОЕП «ГРІФРЕ», 2006. – 125 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України).
12. Соколов, А. Г. Опоры линий электропередач (расчет и конструирование) [Текст] / А. Г. Соколов. – М. : Госстройиздат, 1961. – 172 с.
13. Типовой проект [Текст]. Унифицированные стальные нормальные опоры ВЛ 35, 110 и 150 кВ : № 3.407-68/73. Рабочие чертежи. Том 10 : Рабочие чертежи анкерно-угловых опор 110–150 кВ / М-во энергетики и электрификации СССР, Главтехстройпроект Всесоюзный гос. проектно-исследовательский и научно-исследовательский ин-т «Энергосетьпроект». – М., 1968. – 36 с.
14. ANSI/AISC-360-05. Specification for Structural Steel Buildings [Текст]. – Chicago, Illinois : American Institute of Steel Construction, 2005. – 256 p.
3. Gorokhov, Y.; Kazakevitch, M.; Turbin, S.; Nazim, Y. [et al.]; Edited by Gorokhov, Y. Wind and ice loading on the overhead power transmission lines. Donetsk: DonNASEA, 2005. 348 p. ISBN 966-7477-50-9. (in Russian)
4. Gorokhov, Evgeny V.; Vasylev, Volodymyr M.; Alohkhin, Andrii M. Test procedures of aerial supports on the testing ground of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. In: *Metal Constructions*, 2010, Volume 16, Number 3, p. 151–161. (in Russian)
5. Gorokhov, Yevgen; Vasylev, Volodymyr; Alyokhin, Andrey. Static tests of intermediate portal support of type PMG330-28 on the DNACEA ground. In: *Metal Constructions*, 2015, Volume 21, Number 1, p. 15–23. (in Russian)
6. DBN V.2.6-163:2010. The constructions of buildings and structures. The steel constructions. Norms for design, fabrication and erection. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2011. 127 p. (in Ukrainian)
7. DBN V.1.2-2:2006. National Structural Rules and Regulations. The system of reliability and safety provision of constructional projects. Loads and effects. Kyiv: Minbud of Ukraine, 2006. 78 p. (in Ukrainian)
8. DSTU IEC 60652:2002. Testing of overhead power transmission line supports with mechanical loads. Kyiv: State Standard of Ukraine, 1979. 10 p. (in Russian)
9. Kriukov, K.; Novgorodtsev, B. Structures and mechanical analysis of power transmission lines. Leningrad: Energy, Leningrad Department, 1979. 312 p. (in Russian)
10. MT 701.000.071-86. Typical methods of mechanical testing of power transmission line elements. Moscow: Energetic, 1986. 19 p. (in Russian)
11. Rules for electrical installation. Head 2.5 «The overhead power transmission lines voltages above 1 kV to 750 kV». Kyiv: OEP «GRIFRE», 2006. 125 p. (in Ukrainian)
12. Sokolov, A. G. Transmission line supports (design and engineering). Moscow: Gosstroizdat, 1961. 172 p. (in Russian)
13. USSR Ministry of Energy and Electrification. et al. Type design. Universal steel standard overhead line support 35, 110 and 150 kV: number 3, 407-68/73. Workshop drawings. The tenth part: Workshop drawings of angle-tension towers of 110–150 kV. Moscow, 1968. 36 p. (in Russian)
14. ANSI/AISC-360-05. Specification for Structural Steel Buildings. Chicago, Illinois: American Institute of Steel Construction, 2005. 256 p.
15. IEC 60826. Design criteria of overhead transmission lines. Third edition. Geneva: International Electrotechnical Commission, 2002. 186 p. (International Standard).
16. The influence of line configuration on environment impacts of electrical origin / Working Group B2.06. Paris: CIGRE, 2005. 27 p.

15. IEC 60826. Design criteria of overhead transmission lines [Текст]. – Third edition. – Geneva : International Electrotechnical Commission, 2002. – 186 p. – (International Standard).
16. The influence of line configuration on environment impacts of electrical origin [Текст] / Working Group B2.06. – Paris : CIGRE, 2005. – 27 p.
17. Upraiting of Transmission Lines 110 kV in the Canadian Power System [Текст] : Investigation Project. – Toronto : ALSTOM, 2002. – 126 p.

Горохов Євген Васильович – д. т. н., професор, завідувач кафедри металевих конструкцій, ректор Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Президент Української асоціації з металевих конструкцій, закордонний член Російської академії будівництва, академік Академії Вищої освіти та Академії будівництва України. Член Міжнародного комітету з вивчення впливу вітру на будівлі та споруди. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, кліматичні впливи на будівельні конструкції.

Василев Володимир Миколайович – к. т. н., доцент, професор кафедри металевих конструкцій, начальник Лабораторії випробувань будівельних конструкцій і споруд Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Лауреат Державної премії. Наукові інтереси: експериментально-теоретичне дослідження роботи опор ліній електропередавання; регулювання і врахування внутрішнього напруженого стану гарячекатаного прокату в будівельних конструкціях.

Алехін Андрій Михайлович – доцент кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи опор повітряних ліній електропередавання (ПЛ) та антенних опор радіорелейного зв'язку. Статичні та динамічні випробування металевих, залізобетонних та дерев'яних споруд і усіх видів будівельних конструкцій будівель та споруд.

Горохов Евгений Васильевич – д. т. н., профессор, заведующий кафедрой металлических конструкций, ректор Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Президент Украинской ассоциации по металлическим конструкциям, Иностраный член Российской Академии строительства, академик Академии Высшей школы и Академии строительства Украины. Член Международного комитета по изучению воздействия ветра на здания и сооружения. Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, климатические нагрузки на строительные конструкции.

Васылев Владимир Николаевич – к. т. н., доцент, профессор кафедры металлических конструкций, начальник Лаборатории испытаний строительных конструкций и сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Лауреат Государственной премии. Научные интересы: экспериментально-теоретическое исследование работы опор линий электропередачи; регулирование и учет внутреннего напряженного состояния горячекатанного проката в строительных конструкциях.

Алехин Андрей Михайлович – доцент кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: изучение действительной работы опор воздушных линий электропередачи (ВЛ) и антенных опор радиорелейной связи. Статические и динамические испытания металлических, железобетонных и деревянных сооружений и всех видов строительных конструкций зданий и сооружений.

Gorokhov Yevgen – D.Sc. (Eng.), Professor; Head of the Metal Structures Department, Rector of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. President of the Ukrainian Association of Metal Structures, a foreign member of the Russian Academy of Civil Engineering, an academician of the Higher School Academy and the Academy of Civil Engineering of Ukraine. A member of the International Committee on studying wind influence on buildings and structures. Scientific interests: operational reliability of building metal structures, climatic loads on building structures.

Vasylev Volodymyr – Ph.D. (Eng.), Associate Professor; Professor of Metal Structures Department, the Head of the Laboratory of Testing Building Structures and Buildings, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. A state prizewinner. Scientific interests: experimental and theoretical investigation of power transmission tower operation, control and record of the inner stressed state of the hot rolled metal in building structures.

Alyokhin Andrey – Associated Professor, Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of the valid work of overhead power lines supports (OHPL) and microwave transmission antenna towers. Static and dynamic testing of metal, concrete and timber structures and all kinds of constructions and structures.