

Полигон испытаний опор линий электропередач и башенных сооружений ДонНАСА

И.М. Гаранжа¹, Е.В. Горохов², Е.В. Шевченко³, В.Н. Васылев⁴, А.М. Алехин⁵, А.В. Танасогло⁶

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 86123, Украина, обл. Донецкая, г. Макеевка, ул. Державина, 2

Информация о статье

УДК 624.014.2

История

Подана в редакцию 23 марта 2015

Ключевые слова

испытательный полигон;
опоры воздушных линий
электропередачи;
башенные сооружения;
силовой пол;
силовые башни;
тяговые элементы;
универсальный испытательный зал;

АННОТАЦИЯ

В статье оговорен принцип создания и работы Полигона испытаний опор линий электропередачи и башенных конструкций ДонНАСА, учитывая мировой опыт строительства, эксплуатации и перспектив развития аналогичных сооружений. Рассмотрена структура, а также основные технические характеристики Полигона, которые в некоторой степени превышают возможности наибольших из существующих испытательных Полигонов. Приведен перечень наиболее известных и востребованных испытательных центров строительных конструкций в мире. Рассмотрены ряд особенностей Полигона, предлагаемого для создания инженерами ООО «ПРОМик» (г. Днепропетровск), что позволит испытывать самый широкий спектр сооружений башенного типа. Описана методика измерения и контроль нагрузок в процессе проведения испытаний. Приведены примеры некоторых башенных сооружений, испытанных на полигоне ДонНАСА за период с 1997 по 2013гг.

Содержание

1.	Введение	86
2.	Структура полигона	88
3.	Технические данные	89
4.	Измерение и контроль нагрузок	90
5.	Дополнительные данные	90
6.	Выводы	93

1

Контактный автор:

+38 (095) 479 4672, garigo@mail.ru (Гаранжа Игорь Михайлович)

2

+38 (062) 322 7471, mailbox@donnasa.ru (Горохов Евгений Васильевич)

3

+38 (050) 328 4423, sodr.sharm@rambler.ru (Шевченко Евгений владимирович)

4

+38 (050) 368 2526, wn1951@mail.ru (Васылев Владимир Николаевич)

5

+38 (050) 139 9220, alyokhin_20@mail.ru (Алехин Андрей Михайлович)

6

+38 (066) 051 9215, a.v.tan@mail.ru (Танасогло Антон Владимирович)

1. Введение

Полигон испытаний опор линий электропередач и башенных сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры (испытательный Полигон) основан в 1997 году и предназначен для экспериментального изучения, контроля опор воздушных (ВЛ) линий электропередач и башенных сооружений, а также проведения механических сертификационных испытаний для унификации новых конструктивных решений опор и фундаментов, отвечающим требованиям международных стандартов с целью выхода на мировой рынок. [1, 2, 7–11].

Полигон работает с ПАО «Донецкий завод высоковольтных опор», имеющим мировое признание и награжденным в Мадриде «Международной Золотой Звездой» и «Международной Бриллиантовой Звездой» за отличную репутацию и высокое качество продукции, а также с ПАО «Авдеевский завод металлических конструкций», являющимся одним из передовых предприятий-изготовителей конструкций на основе металлических многогранных стоек (в том числе и опор ВЛ).

Для подготовки и проведения испытаний на Полигоне привлекается научный персонал Академии, имеющий высокий авторитет в области расчета, проектирования, надежности и испытаний строительных конструкций и сооружений. Кроме этого, привлекаются специалисты Академии в области фундаментальных и прикладных наук. При составлении программы нагрузочных испытаний и отчетов используются современные графические комплексы, системы конечно-элементного моделирования работы строительных конструкций, дающие возможность максимально корректно рассматривать воздействия нагрузок на сооружения [9-23].

Исследования и испытания могут также выполняться и для других видов конструкций, если они могут быть установлены на силовой пол и вписываются в пространство, обслуживаемое тяговыми элементами.

Технические возможности Полигона указанные в данной статье, не являются предельными, – в зависимости от испытываемой конструкции они могут быть изменены в сторону увеличения.

Полигон входит в состав Центра испытаний строительных изделий, конструкций и сооружений ДонНАСА.

При разработке проекта Полигона учитывались тенденции развития электросетевого строительства и перспектива расширения его технических возможностей [8, 24–31]. По большинству технических показателей Полигон превышает наибольшие Полигоны Азии: AL-Batain Industries Tower Testing Station (Саудовская Аравия) Butibori Tower Testing Station (Индия), Niroo research institute Tower Testing Station (Иран), Америки: DAMP Electric Tower Testing Station (Бразилия), Bramental Tower Testing Station (Бразилия, США), Европы: Испытательный полигон башенных сооружений ООО «ОРГРЭС» (Российская Федерация), Tower Research And Testing Centre, (Испания), ABB Corporation Tower Testing Stations (Германия, Италия), CELPI Tower Testing Station (Румыния). Фото некоторых известных в мире полигонов с расположением испытываемых конструкций опор ВЛ приведены на рис. 1.



а) Полигон в Бразилии
(г. Бетим)



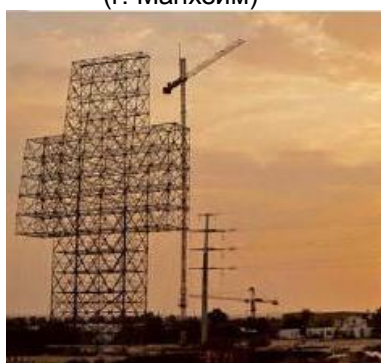
б) Полигон в Германии
(г. Манхейм)



в) Полигон в Италии
(г. Тестина)



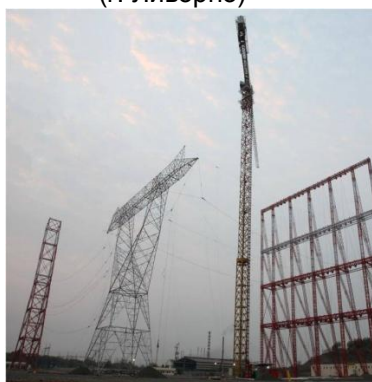
г) Полигон в Италии
(г. Ливорно)



д) Полигон в Саудовской
Аравии



е) Полигон в России
(г. Хотьково)



ж) Полигон в Индии
(г. Махараштра)



з) Полигон в Испании
(г. Утрета)



и) Полигон в Румынии
(г. Бухарест)



к) Полигон в Иране



л) Полигон в Бразилии
(г. Линарез)



м) Полигон в США
(штат Техас)

Рисунок 1. Наиболее известные испытательные полигоны мира

Инженеры ООО «ПРОМик» (г. Днепропетровск, Украина) рассматривают возможность создать современный полигон [8] (рис. 2), с учетом опыта строительства и практического использования существующих полигонов, что позволит испытывать самую широкую номенклатуру башенных конструкций (особенно электросетевых сооружений). В конструкции предлагаемого полигона планируется заложить ряд «ноу-хау»:

1. Страховочные тросы - возможность максимально приблизить силовую башню к силовому полу, чем значительно сокращается площадь всего силового стола.
2. Объединение нагрузочных башен нормального и аварийного режимов в одну общую силовую башню - возможность испытания угловых опор на реальные (а не пересчитываемые) нагрузки.
3. Круглый силовой пол - возможность испытания угловых опор на реальные (а не пересчитываемые) нагрузки; испытание башен с любой конфигурацией основания (четырёхгранные, квадратные и прямоугольные, трехгранные, многогранные, круглые, и др.).
4. Специальный стенд для испытания фундаментов – испытания любых сборных фундаментов (как прямых, так и наклонных) в грунтовых смесях с характеристиками максимально приближенными к реальным.

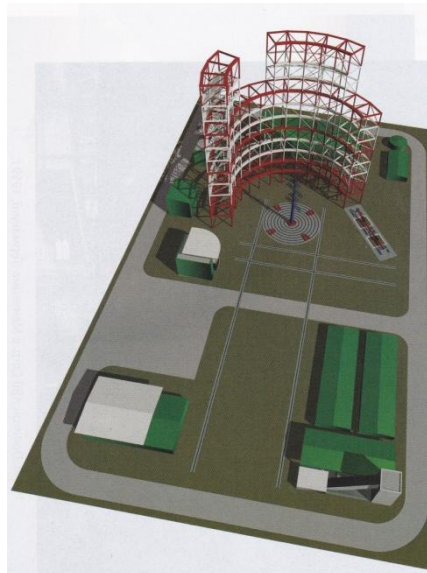


Рисунок 2. Полигон, предлагаемый к созданию ООО «ПРОМик»

2. Структура полигона

Испытательный Полигон размещен на территории Донбасской национальной академии строительства и архитектуры (г. Макеевка), в 300 метрах от междугородной автомобильной трассы Донецк – Макеевка и Донецкой объездной автомобильной дороги с которыми он соединен автомобильной дорогой. От центра городов Донецк и Макеевка Полигон удален на расстоянии 10км, а от заводов-партнеров ПАО «Донецкий завод высоковольтных опор» и ПАО «Авдеевский завод металлических конструкций» – на 8 и 20 км соответственно.

Проект Полигона, программа испытаний и система управления испытаниями разработаны в соответствии с международным стандартом [26]. Испытательный Полигон состоит из силового пола 24×24 метров, двух силовых башен высотой 55 и 62 метров, двух крытых силовых площадок с лебедками, двух силовых ферм для полиспастов и отводящих блоков и сборочной площадки размером 50×70 метров. Общая схема Полигона с расположением его основных элементов приведена на рис.3 [1, 2, 8 – 11, 25].

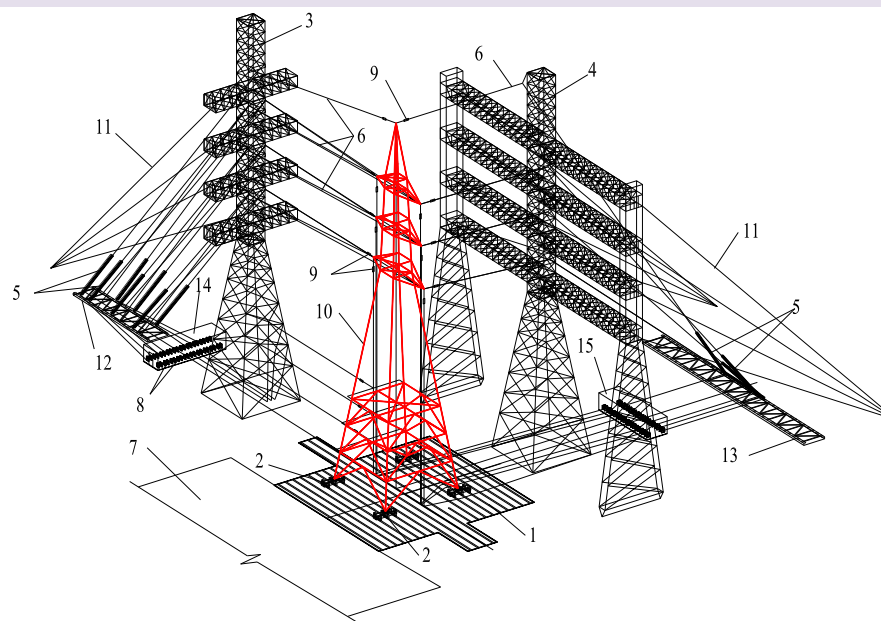


Рисунок 3. Схема испытательного Полигона ДонНАСА:

1 – силовой пол; 2 – опорные силовые балки; 3 – силовая башня нормального режима; 4 – силовая башня аварийного режима; 5 – полиспасты натяжного устройства; 6 – тросы натяжного устройства; 7 – монтажная площадка; 8 – ручные лебедки натяжных устройств; 9 – электрические динамометры; 10 – испытываемая опора; 11 – оттяжки; 12 – силовые фермы нормального режима; 13 – силовые фермы аварийного режима; 14 – силовая площадка башни нормального режима; 15 – силовая площадка башни аварийного режима.

3. Технические данные

Силовой пол

Силовой пол имеет размеры в плане 24×24 метра и два расширения по 8 метров в поперечном направлении. Применительно к опорам высоковольтных линий – направление, перпендикулярное направлению проводов.

Максимальное усилие под основанием пояса опоры – 3000 кН.

Испытываемая опора крепится к силовому полу через специальные распределительные балки. Конструкция распределительных балок и их узлы сопряжения позволяют легко устанавливать опоры испытываемых конструкций любой конфигурации в любой точке силового пола.

Силовые башни

Полигон оборудован двумя силовыми башнями высотой 55 и 62 метра.

Силовые башни обеспечивают нужное направление тяговых тросов.

Для увеличения опрокидывающего момента силовые башни оборудованы в четырех ярусах оттяжками.

Силовая башня в продольном направлении позволяет испытывать опоры с габаритом проводов до 40 метров.

Тяговые элементы

В качестве тяговых элементов используются сорок ручных лебедок грузоподъемностью пять тонн. Лебедки установлены на двух крытых силовых площадках. На каждой силовой площадке установлено по двадцать лебедок.

Усилия от лебедок умножаются через полиспасты грузоподъемностью тридцать тонн. Система тяговых элементов, полиспастов, тяговых тросов и отводных блоков на силовых башнях рассчитана на испытание четырехцепных опор ЛЭП.

Кроме ручных лебедок используется система подвески мерных грузов.

В направлении проводов ЛЭП полиспасты крепятся к 40-метровой горизонтальной силовой ферме. Точки закрепления по двум поясам фермы расположены с шагом один метр.

Полиспасты для создания поперечной нагрузки на опору установлены на 18-метровой силовой ферме. Ферма рассчитана на суммарную нагрузку 250 тонн.

4. Измерение и контроль нагрузок

Нагрузки на башенные сооружения определяются путем перехода от реальных нагрузок к испытательным с использованием специальных методик пересчета [1,2,9-11]. В качестве эксплуатационных воздействий на исследуемые сооружения (в частности опоры ВЛ) принимаются [12, 16-23]: ветровые нагрузки, гололедные нагрузки, нагрузки от тяжения проводов и тросов (нормальный режим), нагрузки от обрыва проводов и тросов (аварийный режим), а также различные динамические воздействия

Центральный пульт управления испытаниями, системами измерения и контроля нагрузки и административный офис размещены в стационарном здании на расстоянии 50 метров от силового пола.

Управление работой ручных лебедок осуществляется автоматизированной системой на базе ЭВМ линейкой модулей фирмы OWEN, интегрированной в единый информационно-управляющий модуль реального времени с помощью технологической SCADA-системы фирмы «ИНСАЙТ» «Master SCADA». Значения усилий от электрических динамометров передаются на центральный пульт управления испытаниями. Информация о текущем значении по каждому тяговому тросу передается на электронное табло соответствующей лебедки, которое выводится в процентах к предельной нагрузке. Информация по всем электрическим динамометрам графически отражается на экране ЭВМ, через бескабельные управляющие каналы на базе GSM-технологий и записывается в блок памяти. При необходимости оператор вносит коррективы в работу лебедок. Система позволяет загрузить четырехцепную опору тяговыми тросами с нуля до 100 % за 30 – 45 минут, с прохождением и фиксацией четырех промежуточных этапов.

Прикладываемые усилия к испытываемой конструкции измеряются электрическими динамометрами с диапазоном измерения 5, 10, 30, 50, 100, 200 и 300 кН.

Калибровка электрических динамометров выполняется в разрывных машинах с использованием образцовых динамометров растяжения, с рабочим диапазоном 20, 100, 350 и 500 кН. Образцовые динамометры проходят регулярную государственную поверку.

5. Дополнительные данные

В состав Полигона входит универсальный испытательный зал с силовым полом 8×24 м, предназначенный для испытаний отдельных конструкций и их фрагментов, и лаборатория для проведения механических испытаний металла, строительных материалов и конструкций. Лаборатория оборудована прессами усилием 100, 1250, 2500 и 10000 кН; разрывными машинами усилием 5, 200, 500 и 1000 кН; прессами для определения твердости металла и копром для определения ударной вязкости металла.

Кроме этого, Центр испытаний строительных изделий и конструкций оснащен специальным и универсальным оборудованием, позволяющим производить испытания строительных и специальных конструкций из металла, железобетона и древесины.

За период с 1997 по 2013 год на Полигоне ДонНАСА была проведена серия испытаний для различных стран мира, а также научных экспериментальных исследований [1, 2, 9-11] широкого спектра башенных сооружений, в первую очередь таких как опоры ВЛ и опоры мобильной связи. Фото с изображением некоторых испытанных башенных сооружений на Полигоне ДонНАСА приведены на рис. 4.



а) Одноцепная опора 400 кВ для Ирака турецкого производства



б) Одноцепная опоры для Ирака турецкого производства



в) Двухцепная промежуточная опора для Ирака турецкого производства



г-е) Двухцепные и одноцепная опоры для Ирака



ж) Одноцепная ж/б опора ПСБ-220-1.1 для Украины



з) Мобильная промежуточная опора 220кВ для Украины



и) Опора МСЕ12 для Египта



к) Двухцепная опора 220 кВ для Ливии



л) Четырехцепная опора высотой 62 м для Египта



м) Опора VS 32,2 для Исландии



н) Башня GSM высотой 30 м



о) Мачта GSM высотой 30 м



п) Типовая опора У110-1



р) Башня GSM "Оптимa-60" высотой 60 м



с) Стальной многогранный осветительный столб для Украины



т) Промежуточная опора ПБ43т китайского производства для Казахстана



у) Анкерно-угловая опора У220-2р+9 для России



ф) Анкерно-угловая опора У21к для Казахстана



х) Промежуточная металлическая опора на основе МГС для Крыма

Рисунок 4. Примеры башенных сооружений, испытанные на Полигоне ДонНАСА за период с 1997 по 2013 гг.

6. Выводы

1. Полигон ДонНАСА на сегодняшний день является одним из наиболее современных, технически оснащенных испытательных центров Европы и стран СНГ, предназначенный для проведения, как сертификационных механических испытаний, так и научных экспериментальных исследований строительных конструкций.
2. Отличным дополнением испытательного Полигона ДонНАСА является универсальный испытательный зал, позволяющий проводить нагрузочные испытания малогабаритных строительных конструкций и их элементов, а также исследования их напряженно-деформированного состояния.
3. За период с 1997 по 2013 гг. Полигон ДонНАСА прошел успешную апробацию, проведя серию сертификационных испытаний и научных экспериментальных исследований натурных конструкций башенного типа, таких как опоры ВЛ, башни мобильной связи и осветительные опоры.

Литература

- [1]. 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.
- [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. Алехин // Металеві конструкції. 2013. Т. 19, №1. С. 15-25.
- [3]. ANSI/AISC-360-05. Specification for Structural Steel Buildings [Текст]. Chicago, Illinois: American Institute of Steel Construction, 2005. 256 p.
- [4]. Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures [Текст] / Edited by Ronald D. Ziemian. – Sixth Edition. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2010. 1117 p.
- [5]. Design of Latticed Steel Transmission Structures [Текст] / American Society of Civil Engineers. ANSI/ASCE 10-90, A.N.S.I. New York (USA). 1991. 64 p.
- [6]. Li, H. High-voltage transmission tower-line system subjected to disaster loads [Текст] / H. Li and H. Bai // Progress in Natural Science. 2006. Vol. 16. No. 9. P. 899–911.
- [7]. ДБН В.2.6 – 163:2010 Стальные конструкции. Нормы проектирования, изготовления и монтажа. – К.: Минрегионстрой Украины, 2011. 202 с.
- [8]. Многогранные гнутые стойки: материалы II международной конференции, (Николаевка, 2007г.) – Днепропетровск: [б.и.], 2007. 312 с.
- [9]. Гаранжа І.М. Напружено-деформований стан металевих багатограних стояків з урахуванням особливостей вітрового впливу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.01 "Будівельні конструкції, будівлі та споруди" / Гаранжа Ігор Михайлович ; Донбаська національна академія будівництва і архітектури. Макіївка, 2012. 20 с. : іл., табл. Бібліогр.: с. 17–18.
- [10]. Горохов, Е.В. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния фрагментов стальных башенных опор ВЛ [Текст] / Е.В. Горохов, В.Н. Васылев, Е.В. Шевченко, А.В. Танасогло // Современное промышленное и гражданское строительство. 2013. Т. 9, №1. С. 59-69.
- [11]. Соловей, П.И. Исследование точности определения деформаций опор воздушной линии электропередачи в стесненных условиях испытательного полигона [Текст] / П.И. Соловей, С.С. Маликов, А.В. Танасогло // Збірник тез доповідей за матеріалами XXXVIII конференції «Науково-технічні досягнення студентів будівельно-архітектурної галузі України», 20 квітня 2012 р.; редкол. Горохов та ін. Макіївка : ДонНАБА, 2012. С. 50-51.
- [12]. Правила устройства электроустановок. Глава 2.5 «Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ до 750 кВ». Официальное издание. К.: ГРИФЭ : Министерство топлива и энергетики Украины, 2006. III, 125 с. (Нормативный документ Минтопливэнерго Украины).
- [13]. Бабушкин В.М. Электрические сети: развитие новые решения / Бабушкин В.М., Нейман В.А, Чевычелов В.А. // Сер. Энергетика: реабилитация, развитие. К.: Энергетика и электрификация, 2001. 117с.
- [14]. Пособие по проектированию стальных конструкций опор воздушных линий (ВЛ) электропередачи и открытых распределительных устройств (ОРУ) подстанций напряжением выше 1кВ (к СНиП II-23-81*). М.: Энергосетьпроект Минэнерго СССР, 1989. 72с.
- [15]. Интегрированная система анализа конструкций Structure CAD (SCAD) for Windows / [Каприловский В.С, Крискунов Э.З., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А.] // САПР и графика. К.: 1998. №10. С. 15-18.
- [16]. ДБН В.1.2: 2006 «Нагрузки и воздействия». Нормы проектирования. К.: Минстрой Украины, 2006. 61с.
- [17]. СНиП 2.01.07 - 85* «Нагрузки и воздействия». Нормы проектирования. М.: Министерство строительства Российской Федерации, 1996. 66 с.
- [18]. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра / ЦНИИСК им. Кучеренко / М.: Стройиздат, 1978. 217 с.
- [19]. Березин М.А. Атлас аэродинамических характеристик строительных конструкций / Березин М.А., Катюшин В.В. Новосибирск: ООО Олден - полиграфия, 2003. 130 с.
- [20]. Eurocode 1 Actions on structures. Part 1–4: General actions–Wind actions. 155 p.

- [21]. Барштейн М.Ф. Воздействие ветра на высотные сооружения. Строительная механика и расчет сооружений / М.Ф. Барштейн. М.: Стройиздат, 1959. 198 с.
- [22]. Аэродинамика электросетевых конструкций / [Горохов Е.В., Казакевич М.И., Шаповалов С.Н., Назим Я.В.]; под редакцией Горохова Е.В., Казакевича М.И. Донецк, 200. 336 с.
- [23]. Горохов Е.В. Расчет ветровых нагрузок на конструкции в условиях городской застройки / Е.В. Горохов, С.Г.Кузнецов, В.Н. Васылев // 36. наук. праць Українського наук.-досл. та проектного інституту сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського (Київ). 2008. №1. С. 16–23.
- [24]. Дубинич Л.А. Современный подход к испытаниям элементов /Л.А. Дубинич // Материалы второй российской с международным участием научно практической конференции «Линии электропередачи 2006: проектирование, строительство, опыт эксплуатации и научно – технический прогресс», 5–8 июля 2006 г. Новосибирск, 2006. – С. 298–309.
- [25]. Васылев В.Н. Методика экспериментальных исследований работы многогранных гнутых стоек в опорной зоне опор воздушных линий электропередачи // Васылев В.Н., Гаранжа И.М // Металлические конструкции. 2010. Т.16, №1. С. 51-60.
- [26]. Испытание опор воздушных линий электропередач механическими нагрузками [стандарт Международной электротехнической комиссии] / публикация 652. 1979. 10 с.
- [27]. IEC 60826 “Design criteria of overhead transmission lines/. Ed.: 3.2002. 186p.
- [28]. CIGRE, Working Group B2.15 “Consultations Model for Overhead Power Lines Projects”, #274, Paris, 2005.
- [29]. CIGRE, Working Group B2.06 “The influence of line configuration on environment impacts of electrical origin”, #278, Paris, 2005.
- [30]. Investigation Project “Upraiting of Transmission Lines 110kV in the Canadian Power System”, ALSTOM, January 2002.
- [31]. G. Spate “Regulation in field of overhead power lines and their foundation in study Committee 22. 23rd Symposium Juko CIGRE, May 1997. 15p.

Testing Station of Overhead Transmission Power Lines Supports & Tower Structures at DonNACEA

I.M. Garanzha¹, Ye.V. Gorokhov², Ye.V. Shevchenko³, V.N. Vasylev⁴, A.M. Alyokhin⁵, A.V. Tanasoglo⁶

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 2, Derzhavina St., Makeyevka, Donetsk region, 86123, Ukraine

ARTICLE INFO

scientific article

Article history

Received 23 March 2015

Keywords

testing station;
overhead transmission line supports;
tower structures;
force field;
force towers;
drawing elements;
universal testing hall.;

ABSTRACT

A Tower Test Station (TTS) of over head power lines (OHPL) supports and tower structures at Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture (DonNACEA) founded in 1997. TTS is intended for experimental studying and control of different types of OHPL supports and tower structures, and also for mechanical certification tests for an unification of new supports and foundations designs, according to international standards requirements. Researches and tests can be executed for another types of building structures, if its can be install to the force field and fit into the space served by the traction elements. Technical capabilities of TTS specified in this paper, isn't ultimate, depend of testing structures they can be changed to the increasing direction. TTS is a part of the test center building products, constructions and structures of DonNACEA. During project of TTS have taken into account of powerlines structures development trends and the prospect of expanding its technical capabilities. By most technical indices TTS of DonNACEA exceeds the highest world Tower Test Stations. The TTS project, the testing program and tests control system designed according to international standard IEC-652. To a composition of the TTS includes universal testing hall intended for test the of individual structures and their fragments, and also a laboratory for mechanical testing of metal, building materials and structures. From 1997 to 2013 год at the TTS of DonNACEA performed series tests for different countries of the world, and a wide range of scientific experimental researches of tower structures.

1

Corresponding author:

2

+38 (095) 479 4672, garigo@mail.ru (Igor Mikhaylovich Garanzha)

3

+38 (062) 322 7471, mailbox@donnasa.ru (Yevgeny Vasilyevich Gorokhov)

4

+38 (050) 328 4423, sodr.sharm@rambler.ru (Yevgeny Vladimirovich Shevchenko)

5

+38 (050) 368 2526, wn1951@mail.ru (Vladimir Nikolaevich Vasylev)

6

+38 (050) 139 9220, alyokhin_20@mail.ru (Andrey Mikhaylovich Alyokhin)

+38 (066) 051 9215, a.v.tan@mail.ru (Anton Vladimirovich Tanasoglo)

References

- [1]. Gorokhov, Ye.V., Vasylev V.N., Alekhin A.M. *Metodika provedeniya ispytaniy antennoykh opor na Poligone DonNASA* [The tests methodology of antenna supports at the TTS of DonNACEA]. Metal structures. 2010. Vol. 16, No. 3. Pp. 151–161.
- [2]. Vasylev, V.N. *Issledovaniye prostranstvennoy raboty krestovoy reshetki pri naturnykh ispytaniyakh opory VL na Poligone DonNASA* [Researches of a spatial work of cross lattice during real tests pole at the TTS of DonNACEA]. Metal structures. 2013 Vol. 19, No.1. Pp. 15-25.
- [3]. ANSI/AISC-360-05. Specification for Structural Steel Buildings. Chicago, Illinois: American Institute of Steel Construction, 2005. 256 p.
- [4]. Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures / Edited by Ronald D. Ziemian. Sixth Edition. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2010. 1117 p.
- [5]. Design of Latticed Steel Transmission Structures [Tekst] / American Society of Civil Engineers. ANSI/ASCE 10-90, A.N.S.I. New York (USA). 1991. 64 p.
- [6]. Li, H. High-voltage transmission tower-line system subjected to disaster loads / H. Li and H. Bai // Progress in Natural Science. 2006. Vol. 16. No. 9. Pp. 899–911.
- [7]. DBN V.2.6 – 163:2010 *Stalnyye konstruksii. Normy proyektirovaniya, izgotovleniya i montazha* [Steel structures. Standards of design, manufacturing and installation]. K.: Minregionstroy Ukrainy, 2011. 202 p.
- [8]. *Mnogogrannyye gnutyye stoyki: materialy II mezhdunarodnoy konferentsii* [Polygonal bent poles: material of the 2nd International Conference] Dnepropetrovsk: [b.i.], 2007. 312 p.
- [9]. Garanzha I.M. *Napruzhenno-deformovaniy stan metalevikh bagatogrannikh stoyakiv z urakhuvannyam osoblivostey vitrovogo vplivu* [Stress-straine state of metal polygonal poles taking into account the features of the wind load effect]. : avtoref. dis. na zdobuttya nauk. stupenya kand. tekhn. nauk (Ph.D. tesis) : spets. 05.23.01 "Budivelni konstruksii, budivli ta sporudi" / Garanzha Igor Mikhaylovich ; Donbaska natsionalna akademiya budivnitstva i arkhitekturi. Makiivka, 2012. 20 p.: il., tabl. Bibliogr. Pp. 17–18.
- [10]. Gorokhov Ye.V., Vasylev V.N., Shevchenko Ye.V., Tanasoglo A.V. *Eksperimentalnyye issledovaniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya fragmentov stalnykh bashennykh opor VL* [Experimental researches of stress-straine state of steel OHPL supports fragments]. Modern industrial and civil engineering. 2013. Vol. 9. No. 1. Pp. 59-69.
- [11]. Solovey, P.I. Malikov S.S., Tanasoglo A.V. *Issledovaniye tochnosti opredeleniya deformatsiy opor vozduzhnoy linii elektroperedachi v stesnennykh usloviyakh ispytatelnogo poligona* [Researches of the determining the deformation accuracy of OHPL supports in cramped conditions of Tower Tesy Station] Zbirnik tezdopovidey za materialami XXXVIII konferentsii «Naukovo-tekhichni dosyagnennya studentiv – budivselno-arkhitekturniy galuzi Ukraini», 20 kvitnya 2012 r.; redkol. Gorokhov ta in. Makiivka : DonNABA, 2012. Pp. 50-51.
- [12]. *Pravila ustroystva elektroustanovok Glava 2.5 «Vozdushnyye linii elektroperedachi napryazheniyem vyshe 1 kV do 750 kV»* [Rules of electrical installations Paragraph 2.5 «Overhead transmission power lines with voltage from 1 to 750 kV»]. Official issue. K.: GRIFE : Ukrainian ministry of fuel and energetics, 2006. III, 125 p.
- [13]. Babushkin V.M., Neyman V.A., Chevychelov V.A. *Elektricheskiye seti: razvitiye novyye resheniya* [Networks: develop and new solutions]. Energetics: rehabilitation and developement. 2001. 117 p.
- [14]. *Posobiye po proyektirovaniyu stalnykh konstruksiy opor vozduzhnykh liniy (VL) elektroperedachi i otkrytykh raspredelitelnykh ustroystv (ORU) podstantsiy napryazheniyem vyshe 1kV* [Manual for the design of steel supports structures of OHPL and open switchgear of electrical substations with voltage above 1 kV]. M.: Energosetproyekt Minenergo USSR, 1989. 72 p.
- [15]. Kaprilovskiy V.S., Kriskunov E.Z., Perelmuter A.V., Perelmuter M.A. Integration system of the structural analysis Structure CAD (SCAD) for Windows. SAPR and graphics. 1998. No. 10. Pp. 15-18.
- [16]. DBN V.1.2: 2006 «Nagruzki i vozdeystviya». Normy proyektirovaniya [Load and impacts. Standards of design]. K.: Minstroy Ukrainy, 2006. 61 p.
- [17]. SNIP 2.01.07 - 85* «Nagruzki i vozdeystviya». Normy proyektirovaniya [Load and impacts. Standards of design]. Ministry of building in Russian Federetion, 1996. 66 p.
- [18]. Rukovodstvo po raschetu zdaniy i sooruzheniy na deystviye vetra (Manual for calculations of buildings and structures to the wind impact) / TsNIISK im. Kucherenko / – M.: Stroyizdat, 1978. – 217 p.
- [19]. Berezin M.A., Katyushin V.V. *Atlas aerodinamicheskikh kharakteristik stroitelnykh konstruksiy* [Atlas of the aerodynamic characteristics of building structures]. Novosibirsk: OOO Olden - poligrafiya, 2003. 130 p.
- [20]. Eurocode 1 Actions on structures. Part 1–4: General actions–Wind actions. 155 p.

- [21]. Barshteyn M.F. *Vozdeystviye vetra na vysotnyye sooruzheniya. Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy* [The wind impact to high buildings. Structural mechanics]. M.: Stroyizdat, 1959. 198 p.
- [22]. Gorokhov Ye.V., Kazakevich M.I., Shapovalov S.N., Nazim Ya.V. *Aerodinamika elektrosetevykh konstruktсий* [Aerodynamic of electonetwork structures]. Donetsk, 200-336 p.
- [23]. Gorokhov Ye.V., Kuznetsov S.G., Vasylev V.N. *Raschet vetrovykh nagruzok na konstruktсии v usloviyakh gorodskoy zastroйки* [Calculation of wind loads on structures in urban areas]. *Zb. nauk. prats Ukraïnskogo nauk.-dosl. ta proyektного inctitutu stalevikh konstruktсий im. V.M. Shimanovskogo (Київ)*. 2008. No.1. Pp. 16–23.
- [24]. Dubinich L.A. *Sovremennyy podkhod k ispytaniyam elementov* [A modern approach to the test of structural elements]. *Electric lines: design, building, expluatation experience and scientific and technical progress*. 2006.Pp. 298–309.
- [25]. Vasylev V.N., Garanzha I.M. *Metodika eksperimentalnykh issledovaniy raboty mnogogrannykh gnutykh stoyek v opornoy zone opor vozdushnykh liniy elektroperedachi* [The methodology of experimental researches of polygonal pole in the base zone of OHPL supports]. *Metal constructs*. 2010. Vol.16, No. 1. Pp. 51-60.
- [26]. *Ispytaniye opor vozdushnykh liniy elektroperedach mekhanicheskimi nagruzkami* [Tests of OHPL supports by mechanical loads] Standard of IEC. publication 652.1979. 10 p.
- [27]. IEC 60826 "Design criteria of overhead transmission lines/. Ed.: 3.2002. 186 p.
- [28]. CIGRE, Working Group B2.15 "Consultations Model for Overhead Power Lines Projects", #274, Paris, 2005.
- [29]. CIGRE, Working Group B2.06 "The influence of line configuration on environment impacts of electrical origin", #278, Paris, 2005.
- [30]. Investigation Project "Upraiting of Transmission Lines 110kV in the Canadian Power System", ALSTOM, January 2002.
- [31]. G. Spate "Regulation in field of overhead power lines and their foundation in study Committee 22. 23rd Symposium Juko CIGRE, May 1997.15p.

Гаранжа И.М., Горохов Е.В., Шевченко Е.В., Васылев В.Н., Алехин А.М., Танасогло А.В. Полигон испытаний опор линий электропередач и башенных сооружений ДонНАСА // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №7(34). С. 85-98.

Garanzha I.M., Gorokhov Ye.V., Shevchenko Ye.V., Vasylev V.N., Alyokhin A.M., Tanasoglo A.V. Testing Station of Overhead Transmission Power Lines Supports & Tower Structures at DonNACEA. Construction of Unique Buildings and Structures, 2015, 7(34), Pp. 85-98. (rus)