



ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ  
МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ  
METAL CONSTRUCTIONS

2023, ТОМ 29, НОМЕР 2, 93–104

EDN: WEEDQO

УДК 621.315.1:624.014

(23)-0391-1

## КОМПЛЕКСНЫЕ ИСПЫТАНИЯ, ПРОВОДИМЫЕ НА БАЗЕ ПОЛИГОНА ИСПЫТАНИЙ ОПОР ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И БАШЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ ФГБОУ ВО «ДОННАСА» (ЧАСТЬ 1)

**Е. В. Горохов<sup>а,1</sup>, В. Н. Васылев<sup>а,2</sup>, А. М. Алехин<sup>б,3</sup>, В. М. Анищенко<sup>а,4</sup>**

<sup>а</sup> ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,

Российская Федерация, Донецкая Народная Республика,  
286123, г. о. Макеевский, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

<sup>б</sup> ОП ООО «Инвестрегионпром»

Российская Федерация, Кемеровская область – Кузбасс, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 4/1, оф. 91.

E-mail: <sup>1</sup> mk@donnasa.ru, <sup>2</sup> wn1951@mail.ru, <sup>3</sup> alyokhin\_20@mail.ru, <sup>4</sup> voveo.ne@mail.ru

Получена 01 сентября 2023; принята 22 сентября 2023.

**Аннотация.** Механические испытания экспериментальных опор линий электропередачи, выполненных по индивидуальным проектам, являются одним из обязательных условий российских и международных стандартов для дальнейшего их использования при строительстве энергетических объектов. Поэтому проектировщики и производители должны обладать испытательной базой на которой производятся научно-исследовательские и приемо-сдаточные статические и динамические испытания опор линий электропередачи и башенных сооружений. В статье описан комплексный подход к испытаниям электросетевых конструкций, проводимых на Полигоне испытаний опор линий электропередачи и башенных сооружений ФГБОУ ВО «ДОННАСА». Комплексные испытания электросетевых конструкций обеспечиваются наличием испытательной базы Полигона, которая состоит из универсального испытательного зала, прессового зала, климатической камеры и аэродинамической трубы. Испытательная база позволяет проводить предварительные испытания метизов, отдельных элементов, узлов и фрагментов опор; механические испытания проводов; исследования гололедных нагрузок; аэродинамические испытания конструкций и проводов и т. д. При необходимости, для проведения специальных испытаний, привлекаются три испытательных лаборатории ФГБОУ ВО «ДОННАСА», аккредитованных в области испытаний строительных материалов и инженерной защиты зданий и сооружений в сложных геологических условиях.

**Ключевые слова:** испытания, опоры линий электропередачи, башенные сооружения, силовой пол, силовые башни, разрушение, провода, гололед, аэродинамические испытания, климатическая камера, Полигон ФГБОУ ВО «ДОННАСА».

## КОМПЛЕКСНІ ВИПРОБУВАННЯ, ЩО ПРОВОДЯТЬСЯ НА БАЗІ ПОЛІГОНУ ВИПРОБУВАНЬ ОПОР ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ТА БАШТОВИХ СПОРУД ФДБОУ ВО «ДОННАБА» (ЧАСТИНА 1)

**Є. В. Горохов<sup>а,1</sup>, В. М. Василев<sup>а,2</sup>, А. М. Альохін<sup>б,3</sup>, В. М. Аніщенко<sup>а,4</sup>**

<sup>а</sup> ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,

Російська Федерація, Донецька Народна Республіка,  
286123, м. о. Макіївський, м. Макіївка, вул. Державіна, буд. 2.

<sup>б</sup> ОП ООО «Інвестрегіонпром»,

Російська Федерація, Кемеровська область - Кузбас, 650000, м. Кемерово, вул. Красная, 4/1, оф. 91

E-mail: <sup>1</sup> mk@donnasa.ru, <sup>2</sup> wn1951@mail.ru, <sup>3</sup> alyokhin\_20@mail.ru, <sup>4</sup> voveo.ne@mail.ru

Отримана 01 вересня 2023; прийнята 22 вересня 2023.



**Анотація.** Механічні випробування експериментальних опор ліній електропередачі, виконаних за індивідуальними проектами, є одним з обов'язкових умов російських і міжнародних стандартів для подальшого їх використання при будівництві енергетичних об'єктів. Тому проектувальники і виробники повинні володіти випробувальною базою на якій виробляються науково-дослідні та прийнятно-здавальні статичні і динамічні випробування опор ліній електропередачі і баштових споруд. У статті описано комплексний підхід до випробувань електромережових конструкцій, що проводяться на полігоні випробувань опор ліній електропередачі та баштових споруд ФДБОУ ВО «ДОННАБА». Комплексні випробування електромережових конструкцій забезпечується наявністю випробувальної бази полігону, яка складається з універсального випробувального залу, пресового залу, кліматичної камери і аеродинамічної труби. Випробувальна база дозволяє проводити попередні випробування металовиробів, окремих елементів, вузлів і фрагментів опор; механічні випробування проводів; дослідження ожеледних навантажень; аеродинамічні випробування конструкцій і проводів тощо при необхідності, для проведення спеціальних випробувань, залучаються три випробувальних лабораторії ФДБОУ ВО «ДОННАБА», акредитованих в області випробувань будівельних матеріалів та інженерного захисту будівель і споруд в складних геологічних умовах.

**Ключові слова:** випробування, опори ліній електропередачі, баштові споруди, силова підлога, силові вежі, руйнування, дроти, ожеледь, аеродинамічні випробування, кліматична камера, Полігон ФДБОУ ВО «ДОННАБА».

## COMPLEX TESTS CARRIED OUT ON THE BASIS OF THE TESTING GROUND FOR POWER TRANSMISSION POLES AND TOWER STRUCTURES FSBEI HE "DONNACEA" (PART 1)

Yevgen Gorokhov <sup>a,1</sup>, Vladimir Vasylev <sup>a,2</sup>, Andrey Alyokhin <sup>b,3</sup>, Vladimir Anishchenkov <sup>a,4</sup>

<sup>a</sup> FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,  
Russian Federation, 286123, Makeevka, Derzhavin st., 2.

<sup>b</sup> SD LLC «Investregionprom»,

Russian Federation. Kemerovo region - Kuzbas, 650000, Kemerovo, Krasnaya str., 4/1, office 91.

E-mail: <sup>1</sup> mk@donnasa.ru, <sup>2</sup> wn1951@mail.ru, <sup>3</sup> alyokhin\_20@mail.ru, <sup>4</sup> voveo.ne@mail.ru

Received 01 September 2023; accepted 22 September 2023.

**Abstract.** Mechanical tests of experimental transmission line supports made according to individual projects are one of the mandatory conditions of Russian and international standards for their further use in the construction of energy facilities. Therefore, designers and manufacturers must have a testing base on which research and acceptance static and dynamic tests of transmission line supports and tower structures are carried out. The article describes an integrated approach to the testing of power grid structures carried out at the Testing Site of transmission line supports and tower structures of the DONNACEA. Complex tests of electric grid structures are provided by the presence of the test base of the Landfill, which consists of a universal test hall, a press room, a climate chamber and a wind tunnel. The testing base allows preliminary testing of hardware, individual elements, assemblies and fragments of supports; mechanical testing of wires; studies of icy loads; aerodynamic testing of structures and wires, etc. If necessary, three testing laboratories of DONNACEA accredited in the field of testing of building materials and engineering protection of buildings and structures in difficult geological conditions are involved in conducting special tests.

**Keywords:** tests, transmission line supports, tower structures, power floor, power towers, destruction, wires, ice, aerodynamic tests, climate chamber, Testing Site FSBEI HE «DONNACEA».

### Формулировка проблемы

Теоретические и экспериментальные исследования по разработке новых оптимальных опор высоковольтных линий для отечественных производителей электросетевых конструкций и зару-

бежных партнеров с учетом международных стандартов, а также их производство и возведение невозможно без проведения натуральных испытаний опытных образцов. Любая новая строительная конструкция до запуска ее в серийное

производство должна пройти определенный цикл натурных испытаний. Целью испытаний является определение несущей способности и деформативности опор ВЛ в основных расчетных режимах и проверка их на предмет соответствия требованиям действующих норм и проектов [22, 23]. При этом без положительных результатов натурных исследований изготовление конструкций не допускается.

Экспериментальная проверка конструкций электросетевого строительства осуществляется на специализированных испытательных стендах – Полигонах, представляющих собой сложные инженерные сооружения для испытаний натурных и модельных образцов опор ВЛ и порталов ОРУ и их комплектующих.

### Анализ литературы

В работе [1] рассмотрены перспективы развития опор линий электропередачи. Вопросы аэродинамики строительных и электросетевых конструкций представлены в работах [2, 4, 13]. Исследования действительной работы стержневых решетчатых плоских и пространственных конструкций отражены в работах [3, 6]. В работах [5] представлена методика натурных испытаний башенных антенных конструкций. Нагрузки и воздействия для условий Украины и России отражены в нормативных документах [7, 14]. Нормативная база и вопросы расчета и проектирования опор линий электропередачи нормируются и рассматриваются в источниках [8, 9, 11, 12, 16, 18, 19, 20, 21]. Необходимость в проведении стендовых испытаний и наличия специализированных испытательных полигонов обосновывается в работах [22, 23]. В документе [10, 17] изложены международные требования к проведению натурных механических испытаний опор электросетевых конструкций. Особенности геодезических работ проводимых в процессе испытаний башенных конструкций рассмотрены в работе [15].

### Цели

Формирование комплексных испытаний конструкций и комплектующих строительных энергетических объектов на базе Полигона испытаний опор линий электропередачи и башенных сооружений ФГБОУ ВО «ДОННАСА».

### Введение

Экспериментальная проверка новых конструктивных решений, принимаемых в индивидуальных проектах опор линий электропередачи является обязательной и осуществляется на специализированных полигонах. Введение в эксплуатацию в 1997 г. Полигона ДОННАСА позволило изготовителям электросетевых конструкций донецкого региона выйти на мировой рынок со своей продукцией, потому механические испытания экспериментальных опор, выполненных по индивидуальным проектам, являются одним из обязательных условий международных контрактов. Полигон дает возможность проводить исследования в области развития нормативной базы проектирования и изготовления электросетевых конструкций и значительно повысить поставки этой продукции по международным контрактам.

Испытательная база Полигона ФГБОУ ВО «ДОННАСА» позволяет выполнять широкий комплекс специальных испытаний моделей, натурных конструкций и проводов электросетевых конструкций.

Проведение комплексных испытаний электросетевых конструкций позволяет наличие испытательной базы Полигона, которая состоит из универсального испытательного зала, прессового зала, климатической камеры и аэродинамической трубы.

При необходимости, для проведения специальных испытаний, привлекаются три испытательных лаборатории ФГБОУ ВО «ДОННАСА», аккредитованных в области испытаний строительных материалов и инженерной защиты зданий и сооружений в сложных геологических условиях.

### Основная часть

#### 1. Техническое решение Полигона

Полигон входит в состав Центра испытаний строительных изделий и конструкций. Область аккредитации Центра ФГБОУ ВО «ДОННАСА» (Полигон) распространяется на сертификационные испытания стальных, железобетонных и деревянных строительных и специальных конструкций и изделий.

Проект Полигона, программа испытаний и система управления испытаниями разработаны

в соответствии со стандартом МЭК 60652 (2002) «Опоры воздушных линий электропередачи. Испытания механическими нагрузками» [10] и Правил устройства электроустановок [12].

Полигон включает испытательный стенд и несколько вспомогательных сооружений (рис. 1), которые проектировались с учетом перспективы развития электросетевых конструкций [17].

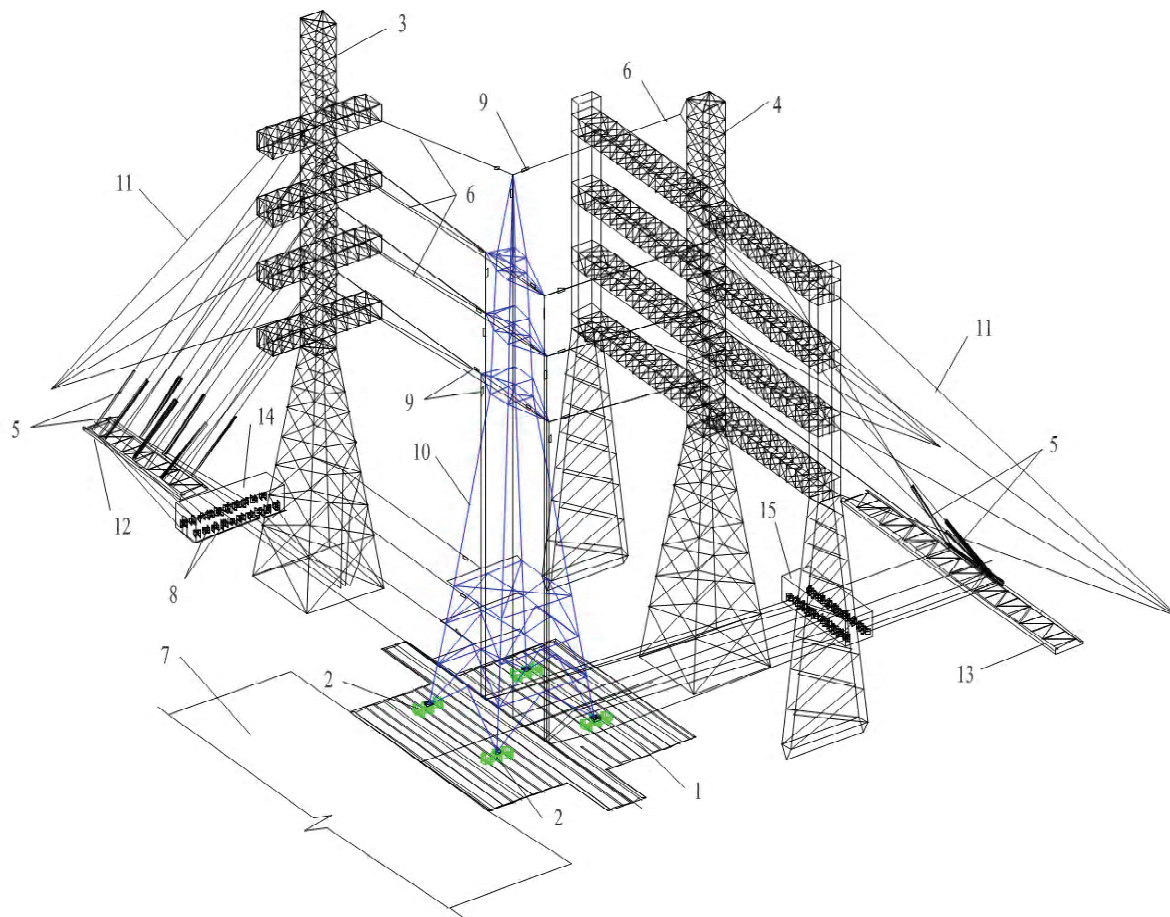
Полигон позволяет выполнять статические и динамические испытания металлических, железобетонных, деревянных от одно- до четырехцеп-

ных опор в рабочем (вертикальном) положении, высотой до 70 м и размерами основания 24×24 м суммарной рабочей нагрузкой по расчетному направлению 3 000 кН.

### Силовые башни

Башни предназначены для создания необходимого направления натяжного троса 6 и поддержания этого направления вовремя нагружения испытываемой опоры.

Сложность решаемой задачи при разработке конструкции силовых башен 3 и 4, состоит в том,



**Рисунок 1.** Схема полигона испытаний опор линий электропередачи и башенных сооружений ФГБОУ ВО «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.

что габариты опор и точки приложения к ним внешних нагрузок изменяются в широких границах с градацией до 1 мм. Кроме этого, расчетная нагрузка, прикладываемая одним натяжным устройством 6, может изменяться в интервале от 1 до 300 кН и выше.

**Силовая башня нормального режима 3** (рис. 1) выполнена как свободстоящая башня высотой 62 м. Такая конструкция обеспечивает рабочее пространство для натяжных устройств высотой 70 м.

**Силовая башня аварийного режима 4** (рис. 1) образована тремя стволами и четырьмя ярусами траверс.

Для увеличения опрокидывающего момента полезной нагрузки силовые башни 3 и 4 оборудованы оттяжками 11 в четырех уровнях. Это позволило максимально приблизить к силовым башням полиспасты 5 натяжных устройств и расположить Полигон на площадке с размерами 90×140 м.

**Силовой пол 1** (рис. 1) представляет собой универсальный недеформируемый монолитный фундамент толщиной 1,4 м под испытываемые опоры 10 и конструкции.

Рабочая поверхность оборудована универсальными анкерными устройствами рассчитанные на нагрузку отрыва и сжатия 3 000 кН для закрепления испытываемых опор в проектное положение.

К вынесенным за пределы железобетонной плиты таврам крепят опорные силовые балки 2 под базы испытываемых опор. Конструкция балок обеспечивает закрепление опоры в любой точке силового пола в двух направлениях с точностью 1 мм.

Общий вид силового пола представлен на рис. 2.

**Опорные силовые балки под испытываемые базы опор 2** (рис. 1) служат опорой для испытываемых конструкций, которые закрепляют в проектное положение на анкерных устройствах рабочей поверхности силового пола 5.



Рисунок 2. Общий вид силового пола с силовыми балками.

Каждая балка 2 устанавливается на три тавра, которые выступают из силового пола 5, и крепятся к ним с помощью специальных скоб.

Опорные силовые балки 2 рассчитаны на вертикальную нагрузку  $\pm 3\ 000$  кН; вес балки – 5 т.

### Натяжные устройства

С помощью натяжного устройства создается нужная схема нагружения испытываемой опоры. Параметры натяжных устройств:

- диапазон создаваемого усилия – от 1 до 300 кН;
- количество нагрузочных устройств – 40 шт. (из условий возможности испытания четырехцепной опоры с учетом ветровой нагрузки под  $45^\circ$ );
- рабочий ход натяжного троса – 6 м;

В основе конструкции натяжного устройства используется полиспаст 5, ручные лебедки 8 и натяжные троса 6.

Неподвижные блоки полиспастов натяжных устройств устанавливаются на силовых фермах 12, 13, размещенных за силовыми башнями 3 и 4. Блоки полиспастов могут быть установлены и на силовом полу 1. Место установки неподвижных блоков полиспастов определяется при разработке технологических карт на расположение испытательного оборудования и оснащения.

Натяжение рабочего троса полиспастов 5 осуществляется с помощью ручных лебедок 8 грузоподъемностью 5 т. Лебедки установлены на силовых площадках 14, 15. На каждой силовой площадке установлено по 20 лебедок. Рабочий трос полиспастов может подходить к лебедке как со стороны силовых ферм 12 и 13, так и со стороны силового пола 1.

Управление работой лебедки осуществляется рабочим с использованием данных информационного табло, которое показывает значение создаваемого этим натяжным устройством усилия в процентах от расчетного по соответствующей схеме нагружения. Информационное табло является составной частью автоматизированной системы управления испытаниями.

### Автоматизированный комплекс управления испытаниями

Система управления испытаниями опор во многом определяет технические возможности проводимых испытаний.

Сложность решения задачи управления процессом нагружения испытываемой опоры состоит в том, что все нагрузки, которые прикладываются к опоре, являются взаимосвязанными, т. е. изменения одной нагрузки приводят к общей деформации опоры, а это способствует изменению остальных нагрузок.

На Полигоне используется схема управления, представленная на рис. 3.

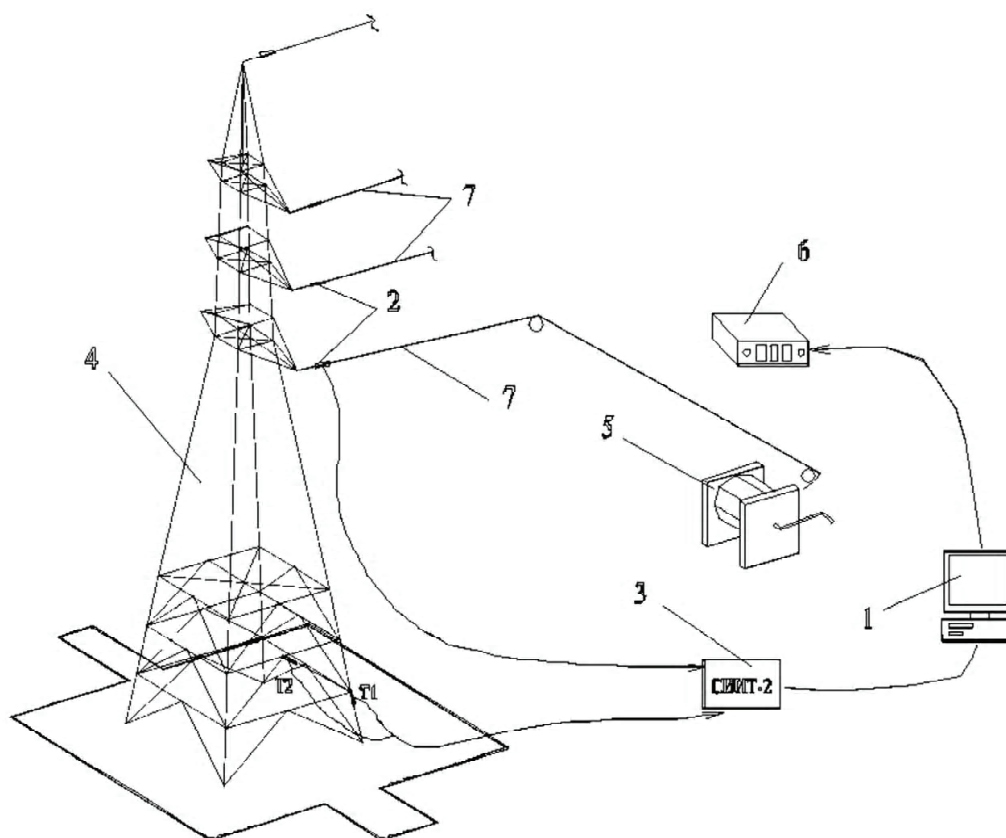
Работа автоматизированного комплекса во время испытаний опоры осуществляется по следующей схеме:

- работой комплекса 1 руководит оператор;
- информация о текущих значениях усилий, контролируемых электрическими динамометрами 2 через тензометрическую систему 3, формируется в ПК. На основании сравнения усилий по динамометрам с расчетными значениями текущего этапа нагружения определяется действительный процент нагружения испытываемой опоры по каждому динамометру;
- текущее значение усилия в процентах передается на электронное табло 6 ручной лебедки 5 соответствующего нагрузочного устройства. Рабочий, обслуживающий лебедку, по электронному табло 6 выводит на необходимый процент нагружения соответствующее нагрузочное устройство;
- информация со всех электрических динамометров отображается на дисплее ПК 1. При необходимости оператор по радиосвязи вносит корректирование в действия работающих на лебедках.

Такая схема управления процессом испытаний дала возможность при минимальных материальных затратах эффективно управлять испытаниями. Например, в 1997 г. на Полигоне были выполнены стендовые испытания четырехцепной опоры высотой до 62 м и весом 54 т для поставок в Египет, производства Донецкого завода высоковольтных опор. При испытании опоры было использовано 36 нагрузочных устройств, а время нагружения по одной схеме до 100% расчетной нагрузки составило 35–40 мин.

При необходимости автоматизированный комплекс может быть расположен вблизи силового пола или в другом ином месте (рис. 4).

Для контроля действительного напряженного состояния отдельных элементов Т1, Т2 (рис. 3) и



**Рисунок 3.** Схема управления нагрузкой опоры во время испытаний: 1 – персональная ЭВМ; 2 – электрический динамометр; 3 – тензометрический комплекс «СИИТ-2»; 4 – испытываемая опора; 5 – ручные лебедки; 6 – электронное табло лебедки; 7 – трос нагрузочного устройства.

узлов испытываемой опоры 4 используется тензометрическая система «СИИТ-2» 3.

#### Электрические динамометры растяжения.

По нормам, регламентирующим условия проведения испытаний, динамометры устанавливаются непосредственно в точке приложения нагрузки к опоре. В качестве устройств, контролирующих усилие, создаваемое натяжным устройством, на Полигоне используются электрические динамометры растяжения с диапазоном измерений 10, 30, 50, 100, и 200 кН. Во избежание механического и атмосферного влияния динамометры устанавливаются на опору в защитных металлических корпусах.

**Геодезия.** На Полигоне вертикальные и горизонтальные перемещения контролируемых точек опоры фиксируются с помощью нивелиров и теодолитов, расположенными на двух станциях [15].

**Монтажная площадка 7** (рис. 1) служит для складирования элементов и сборки испытываемой опоры. Площадка примыкает к силовому полу 1 и имеет размеры 50×80 м.



**Рисунок 4.** Автоматизированный комплекс, расположенный вблизи силового пола.



Рисунок 5. Монтаж опоры высотой 62 м и массой 54 т.

Для поворота опоры на силовой пол вокруг горизонтальных шарниров используется монтажный полиспаст (рис. 5).

#### Выводы

1. Полигон испытаний опор линий электропередачи и башенных сооружений ФГБОУ ВО «ДОННАСА» (Полигон) один из двух крупнейших российских полигонов.
2. Полигон проектировался с учетом требований международного стандарта МЭК 60652 (2021) Опоры воздушных линий электропередачи. Испытания механическими нагрузками.
3. Технические возможности Полигона позволяют испытывать анкерно-угловые отдельно стоящие опоры и на оттяжках; четырехцепные опоры высотой до 70 м, с габаритом между крайними фазами 40 м и базой ствола 24×24 м.

**Продолжение следует.**



## Литература

1. Бабушкин, В. М. Электрические сети: развитие новые решения / В. М. Бабушкин, В. А. Нейман, В. А. Чевычелов. – Текст : непосредственный // Серия Энергетика: реабилитация, развитие. – Киев : Энергетика и электрификация, 2001. – С. 117.
2. Березин, М. А. Атлас аэродинамических характеристик строительных конструкций / М. А. Березин, В. В. Катюшин. – Новосибирск : ООО Олден-полиграфия, 2003. – 130 с. – Текст : непосредственный.
3. Исследование пространственной работы крестовой решетки при натуральных испытаниях опоры ВЛ на Полигоне ДонНАСА / В. Н. Васылев, Е. В. Шевченко, А. В. Танасогло [и др.]. – Текст : непосредственный // Металеві конструкції. – 2013. – Том 19, № 1. – С. 15–25.
4. Гаранжа, І. М. Напружено-деформований стан металевих багатограних стояків з урахуванням особливостей вітрового впливу : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : спеціальність 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / Гаранжа Ігор Михайлович ; Донбаська національна академія будівництва і архітектури. Макіївка, 2012. – 20 с. – Текст : непосредственный.
5. Горохов, Е. В. Методика проведения испытаний антенных опор на Полигоне ДонНАСА / Е. В. Горохов, В. Н. Васылев, А. М. Алехин. – Текст : непосредственный // Металеві конструкції. – 2010. – Том 16, № 3. – С. 151–161.
6. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния фрагментов стальных башенных опор ВЛ / Е. В. Горохов, В. Н. Васылев, Е. В. Шевченко [и др.]. – Текст : непосредственный // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2013. – Том 9, № 1. – С. 59–69.
7. ДБН В.1.2:2006. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования : внесено управлением технического регулирования в строительстве и принято приказом Минстроя Украины от 3 июля 2006 г. № 220 : взамен СНиП 2.01.07-85, кроме раздела 10 : дата введения 2007-01-01 / разработчики Открытое акционерное общество «Украинский научно-исследовательский и проектный институт стальных конструкций им. В. Н. Шимановского» (ОАО Укрниипроектстальконструкция им. В. Н. Шимановского). – Киев : Минстрой Украины, 2006. – 61 с. – (Система обеспечения надежности и безопасности строительных объектов). – Текст : непосредственный.
8. Интегрированная система анализа конструкций StructureCAD (SCAD) for Windows / В. С. Каприловский, Э. З. Крискунов, А. В. Перельмутер, М. А. Перельмутер. – Текст : непосредственный // САПР и графика. – 1998. – № 10. – С. 15–18.
9. Многогранные гнутые стойки : материалы II международной конференции, Николаевка, 2007 г. ; Открытое акционерное общество «ПРОМнК». –

## References

1. Babushkin, V. M., Neyman V. A., Chevychelov V. A. Electrical networks: development of new solutions. – Text : direct. – In: *Energy series: rehabilitation, development*. – Kyev : Energy and electrification, 2001. – P. 117. (in Russian)
2. Berezin, M. A.; Katyushin, V. V. Atlas aerodynamic descriptions of build constructions. – Novosibirsk : LTD «Olden polygraphy», 2003. – 130 p. – Text : direct. (in Russian)
3. Vasylev V. N.; Shevchenko, E. V.; Tanasoglo, A. V. [et al.]. Study of spatial operation of the lattice cross components in full-scale tests of an OPTL support on the testing ground of DonNACEA. – Text : direct. – In: *Metal constructions*. – 2013. – Volume 19, № 1. – P. 15–25. (in Russian)
4. Garanzha, I. M. Stress-deformed state of metal multifaceted risers taking into account the peculiarities of wind influence: abstract of the dissertation for obtaining the scientific degree of candidate of technical sciences : specialty 05.23.01 «Building structures, buildings and structures» / Garanzha Ihor ; Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. – Makiiivka, 2012. – 20 p. – Text : direct. (in Ukraine)
5. Gorokhov, E. V.; Vasylev V. N.; Alekhin, A. M. Methodology for testing antenna supports at the DonNASA Test Site. – Text : direct. – In: *Metal constructions*. – 2010. – Volume 16, № 3. – P. 151–161. (in Russian)
6. Gorokhov, E. V.; Vasylev V. N.; Shevchenko, E. V. [et al.]. Experimental investigations of mode of deformation of steel tower support fragments of OPTL. – Text : direct. – In: *Modern industrial and civil construction*. – 2013. – Volume 9, № 1. – P. 59–69. (in Russian)
7. ДБН В.1.2:2006. Loadings and influences. Planning Norms : brought in by the management of the technical adjusting in building and accepted by the order of Minstroya of Ukraine from July, 3, 2006 № 220 : in exchange SNiP 2.01.07-85, except for a section 10 : date of introduction 01-01 / developers open corporation the «Ukrainian research and project institute of steel constructions the name of V. N. Shimanovskogo». – Kyev : Minstroy of Ukraine, 2006. – 61 p. – (System of providing of reliability and safety of build objects). – Text : direct. (in Russian)
8. Kaprilovskiy V. S.; Kriskunov, E. Z.; Perelmuter, A. V. [et al.]. Computer-integrated system of analysis of constructions of STRUCTURECAD (SCAD) for Windows. – Text : direct. – In: *CADD and graphic arts*. – 1998. – № 10. – P. 15-18. (in Russian)
9. Many-sided bent bars : materials of the II international conference, Nikolaevka, 2007 ; Open corporation of «PROMiK». – Dnepropetrovsk : [s. n.], 2007. – 312 p. – Text : direct. (in Russian)
10. IEC 60652 (2021). Overhead line structures – Loading tests : International standard : Supersedes IEC 60652 (2002) : This International Standard was

- Днепропетровск : [б. и.], 2007. – 312 с. – Текст : непосредственный.
10. IEC 60652 (2021). Overhead line structures – Loading tests : International standard = МЭК 60652 (2021). Опоры воздушных линий электропередачи. Испытания механическими нагрузками : Supersedes IEC 60652 (2002) : This International Standard was approved by July 30, 2021 / developer IEC. – Geneva, Switzerland : [s. n.], 2021. – 26 с. – Текст : непосредственный.
  11. Пособие по проектированию стальных конструкций опор воздушных линий (ВЛ) электропередачи и открытых распределительных устройств (ОРУ) подстанций напряжением выше 1 кВ (к СНиП II-23-81\*) : утверждено приказом Энергосетьпроекта от 24 июня 1985 г. № 122 / Энергосетьпроект Минэнерго СССР. – Москва : Центральный институт типового проектирования, 1989. – 72 с. – Текст : непосредственный.
  12. Правила устройств электроустановок. Глава 2.5 Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ до 750 кВ : официальное издание. – Киев : ГРИФЭ : Министерство топлива и энергетики Украины, 2006. – 125 с. (Нормативный документ Минтопливэнерго Украины). – Текст : непосредственный.
  13. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. – Москва : Стройиздат, 1978. – 217 с. – Текст : непосредственный.
  14. СНиП 2.01.07-85\*. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования : издание официальное : взамен главы СНиП II-6-74 : дата введения 1987-01-01 / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. – Москва : Министерство строительства Российской Федерации, 1996. – 66 с. – Текст : непосредственный.
  15. Соловей, П. И. Исследование точности определения деформаций опор воздушной линии электропередачи в стесненных условиях испытательного полигона / П. И. Соловей, С. С. Маликов, А. В. Танасогло. – Текст : непосредственный // Науково-технічні досягнення студентів будівельно-архітектурної галузі України : збірник тез доповідей за матеріалами XXXVIII конференції, 20 квітня 2012 р., м. Макіївка. – Макіївка : ДонНАБА, 2012. – С. 50–51.
  16. ANSI/AISC-360-05. Specification for Structural Steel Buildings : American National Standard : This American Standard was approved by March 9, 2005 / developer American Institute of Steel Construction. – Chicago, Illinois : American Institute of Steel Construction, 2005. – 256 p. – Текст : непосредственный.
  17. IEC 60826. Design criteria of overhead transmission lines : International standard : This International Standard was approved by 10, 2021 / developer IEC : Edition 3. – Geneva, Switzerland : [s. n.], 2002. – 186 p. – Текст : непосредственный.
  18. Consultations Model for Overhead Power Lines Projects // CIGRE, Working Group B2.15. – 2005. – № 274. – Paris : CIGRE. – 146 p. – Текст : direct.
  19. The influence of line configuration on environment impacts of electrical origin // CIGRE, Working Group B2.06. – 2005. – № 278. – Paris : CIGRE. – 185 p. – Текст : direct.
  20. Spate, G. Regulation in field of overhead power lines and their foundation in study Committee 22 / G. Spate. – Текст : непосредственный // 23rd Symposium Juko CIGRE. – May 1997. – 15 p. – Текст : непосредственный.
  - approved by July 30, 2021 / developer IEC. – Geneva, Switzerland : [s. n.], 2021. – 26 p. – Text : direct.
  11. Manual on planning of steel constructions of supports of air-tracks (VL) of electricity transmission and opened distributive devices (I YELL) of substations by tension higher 1 kV (to SNiP II-23-81\*) : it is ratified by the order of Energoset'proekta from Junes, 24, 1985 № 122 / Energoset'proekt of Minenergo of the USSR. – Moscow : Central institute of the model planning, 1989. – 72 p. – Text : direct. (in Russian)
  12. Rules for electrical installations. Chapter 2.5 Overhead power lines with voltages above 1 kV to 750 kV : official publication. – Kyev : GRIFE : Ministry of Fuel and Energy of Ukraine, 2006. – 125 p. (Regulatory document of the Ministry of Fuel and Energy of Ukraine). – Text : direct. (in Russian)
  13. Guidance upon settlement of buildings and buildings on the action of wind / TSNIISK the name of Kucherenko of Gosstroy of the USSR. – Moscow : Stroyizdat, 1978. – 217 p. – Text : direct. (in Russian)
  14. SNiP 2.01.07-85\*. Loadings and influences. Planning Norms : edition is official : instead of head of SNiP II-6-74 : date of introduction 01-01 / TSNIISK the name of Kucherenko of Gosstroya of the USSR. – Moscow : Ministry of building of Russian Federation, 1996. – 66 p. – Text : direct. (in Russian)
  15. Solovey, P. I.; Malikov, S. S.; Tanasoglo, A. V. Study of the accuracy of determining deformations of overhead power line supports in cramped test site conditions. – Text : direct. – In: *Scientific and technical achievements of students of the construction and architecture branch of Ukraine* : a collection of theses of reports based on the materials of the XXXVIII conference, April 20, 2012, Makiivka : DonNABA, 2012. – P. 50–51. (in Russian)
  16. ANSI/AISC-360-05. Specification for Structural Steel Buildings : American National Standard : This American Standard was approved by March 9, 2005 / developer American Institute of Steel Construction. – Chicago, Illinois : American Institute of Steel Construction, 2005. – 256 p. – Text : direct.
  17. IEC 60826. Design criteria of overhead transmission lines : International standard : This International Standard was approved by 10, 2021 / developer IEC : Edition 3. – Geneva, Switzerland : [s. n.], 2002. – 186 p. – Text : direct.
  18. Consultations Model for Overhead Power Lines Projects // CIGRE, Working Group B2.15. – 2005. – № 274. – Paris : CIGRE. – 146 p. – Text : direct.
  19. The influence of line configuration on environment impacts of electrical origin // CIGRE, Working Group B2.06. – 2005. – № 278. – Paris : CIGRE. – 185 p. – Text : direct.
  20. Spate, G. Regulation in field of overhead power lines and their foundation in study Committee 22 / G. Spate. – Текст : непосредственный // 23rd Symposium Juko CIGRE. – May 1997. – 15 p. – Текст : непосредственный.

2005. – № 274. – Paris : CIGRE. – 146 p. – Текст : непосредственный.
19. The influence of line configuration on environment impacts of electrical origin // CIGRE, Working Group B2.06. – 2005. – № 278. – Paris : CIGRE. – 185 p. – Текст : непосредственный.
20. Spate, G. Regulation in field of overhead power lines and their foundation in study Committee 22 / G. Spate. – Текст : непосредственный // 23rd Symposium Juko CIGRE. – May 1997. – 15 p. – Текст : непосредственный.
21. Upraiting of Transmission Lines 110 kV in the Canadian Power System : Investigation Project. – Toronto : ALSTOM, 2002. – 126 p. – Текст : непосредственный.
22. Жулев, А. Н. Особенности методики испытаний механической части воздушных линий / А. Н. Жулев. – Текст : непосредственный // Труды ВНИИЭ. – 1992. – Выпуск 88. Надежность основного оборудования электрических сетей. – С. 122–128.
23. Степин, Е. П. О необходимости создания центра по испытаниям электросетевых конструкций / Е. П. Степин. – Текст : непосредственный // Энергетика и электрификация. – 1995. – № 2. – С. 28–29.
21. Upraiting of Transmission Lines 110 kV in the Canadian Power System : Investigation Project. – Toronto : ALSTOM, 2002. – 126 p. – Text : direct.
22. Zhulev, A. N. Features of testing methods for the mechanical part of overhead lines. – Text : direct. – In: *Proceedings of VNIIE*. – 1992. – Issue 88. Reliability of basic equipment of electrical networks. – P. 122–128. (in Russian)
23. Stepin, E. P. On the need to create a center for testing electrical grid structures. – Text : direct. – In: *Energy and electrification*. – 1995. – No. 2. – P. 28–29. (in Russian)

**Горохов Евгений Васильевич** – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой металлических конструкций и сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия и архитектуры». Иностраный член Российской Академии архитектуры и строительных наук, 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** – кандидат технических наук, доцент; начальник лаборатории испытаний строительных конструкций и сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экспериментально-теоретическое исследование работы опор линий электропередачи, строительных конструкций и сооружения; технология изготовления строительных конструкций.

**Алехин Андрей Михайлович** – кандидат технических наук, доцент; начальник отдела проверки проектно-сметной документации Департамента по внутреннему контролю и аудиту ОП ООО «Инвестрегионпром». 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.

**Анищенков Владимир Михайлович** – ассистент кафедры металлических конструкций и сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: прочность и деформативность рамных узлов со стойками из трубобетона и ригелями двутаврового сечения.

**Горохов Євген Васильович** – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри металевих конструкцій і споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Іноземний член Російської Академії архітектури і будівельних наук, академік Академії Вищої школи і Академії будівництва України, Член Міжнародного комітету з вивчення впливу вітру на будівлі і споруди. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, кліматичні навантаження на будівельні конструкції.

**Василев Володимир Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент; начальник лабораторії випробувань будівельних конструкцій і споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: експериментально-теоретичне дослідження роботи опор ліній електропередачі, будівельних конструкцій і споруди; технологія виготовлення будівельних конструкцій.

**Альохін Андрій Михайлович** – кандидат технічних наук, доцент; начальник відділу перевірки проектно-кошторисної документації Департаменту з внутрішнього контролю та аудиту ВП ТОВ «Інвестрегіонпром». Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи опор повітряних ліній електропередачі (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.

**Аніщенко Володимир Михайлович** – асистент кафедри металевих конструкцій і споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: напружено-деформований стан жорстких вузлів трубобетонних конструкцій, робота вузлів трубобетонних конструкцій в умовах динамічних впливів.

**Gorokhov Yevgen** – D. Sc. (Eng.), Professor; Head of the Department the Head of the Metal Structures and Constructions Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Foreign member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Academician of the Academy of Higher Education and the Academy of Construction of Ukraine, Member of the International Committee for the Study of the Effects of Wind on Buildings and Structures. Research interests: operational reliability of building metal structures, climatic loads on building structures.

**Vasylev Vladimir** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Head of the Laboratory for Testing Building Structures and Constructions, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: experimental and theoretical study of the operation of power transmission line supports, building structures and constructions; technology of manufacturing building structures

**Alyokhin Andrey** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Head of the Design and Estimate Documentation Verification Department of the Internal Control and Audit Department SD LLC «Investregionprom». 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

**Anishchenkov Vladimir** – Assistant, Metal Structures and Constructions Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: strength and deformation of frame units with columns from pipe concrete and I-beam crossbars.