



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

2011, ТОМ 17, НОМЕР 1, 5–11

УДК 624.97:620.91

(11)-0228-1

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ АНТЕННОЇ ОПОРИ АО-60 НА ПОЛІГОНІ ДОНБАСЬКОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

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

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

Отримана 3 січня 2011; прийнята 28 січня 2011.

Анотація. У статті представлені методика проведення випробувань і одержані результати динамічних випробувань антенної опори АО-60 під дією ожеледно-вітрових впливів. Збудження коливань опори здійснювалося двома методами: вібратором з регульованою частотою обертання ексцентрично закріпленого вантажу (вібрмашини) [7, 11] — для визначення власної частоти коливань по першій формі і методом обриву троса — для збудження коливань по першій формі [11]. Для визначення значень власних частот коливань антенної опори АО-60 і перевірки розрахункової схеми при динамічній дії ожеледно-вітрових впливів були проведені експериментальні дослідження опори на Полігоні ДонНАБА. Динамічні випробування дозволили визначити дійсні власні частоти коливань антенної опори АО-60 під дією ожеледно-вітрових впливів, а також порівняння теоретичних досліджень з експериментальними.

Ключові слова: експериментальні дослідження, антенна опора, полігон, динамічні випробування, ожеледно-вітрові впливи, власні частоти коливань, резонанс.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ АНТЕННОЙ ОПОРЫ АО-60 НА ПОЛИГОНЕ ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

Е. В. Горохов, В. Н. Васылев, А. М. Алёхин

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

Получена 3 января 2011; принята 28 января 2011.

Аннотация. В статье представлены методика проведения испытаний и полученные результаты динамических испытаний антенной опоры АО-60 под действием гололедно-ветровых воздействий. Возбуждение колебаний опоры осуществлялось двумя методами: вибратором с регулируемой частотой вращения эксцентрично закрепленного груза (вибрмашины) [7, 11] — для определения собственной частоты колебаний по первой форме и методом обрыва троса — для возбуждения колебаний по первой форме [11]. Для определения значений собственных частот колебаний антенной опоры АО-60 и проверки расчетной схемы при динамическом действии гололедно-ветровых воздействий были проведены экспериментальные исследования опоры на Полигоне ДонНАСА. Динамические испытания позволили определить действительные собственные частоты колебаний антенной опоры АО-60 под действием гололедно-ветровых воздействий, а также сравнение теоретических исследований с экспериментальными.

Ключевые слова: экспериментальные исследования, антенная опора, полигон, динамические испытания, гололедно-ветровые воздействия, собственные частоты колебаний, резонанс.

DYNAMIC BEHAVIOUR RESEARCH OF AO-60 AERIAL SUPPORT ON TESTING GROUND OF DONBAS NATIONAL ACADEMY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

Gorokhov Yevgen, Vasylev Volodymyr, Alokhin Andrii

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,

2, Derzhavina Str., Makiivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.

E-mail: alyokhin_20@mail.ru, andrey-alyochin@rambler.ru

Received 3 January 2011; accepted 28 January 2011.

Abstract. The paper presents the testing technique and the results of the dynamic runs of the aerial support AO-60 under the effect of glazed ice and wind loads. The support vibrations excitation has been made by two methods: by a vibrator with the managed frequency of rotation of the eccentrically fastened load (vibration machines) [7, 11] – to determine the natural frequency of vibrations on the first form and the breakage rope method – to excite the vibrations on the first form [11]. The research of the AO-60 support has been conducted on the Academy testing ground to determine the natural vibrations values of the support and to check the design scheme at the dynamic effect of the glazed ice and wind loads. The dynamic tests have enabled to determine the real natural vibration frequencies of the AO-60 aerial support under the effect of the glazed ice and wind loads and to compare the research and investigations.

Keywords: research, aerial support, testing ground, dynamic tests, glazed ice and wind loads, natural vibration frequencies, resonance.

Введение

Динамический расчет сооружений отличается от статического двумя важными моментами. Во-первых, нагрузка и реакция изменяются во времени. В связи с этим динамическая задача не имеет единственного решения, как статическая. Поэтому необходимо выбрать последовательность решений, соответствующих всем моментам времени, которые представляют интерес при определении реакции сооружения. Таким образом, динамический расчет значительно более сложен и трудоемок, чем статический [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Ветровая нагрузка представляет опасность главным образом для высоких и гибких сооружений типа башен. Расчет на ветровую нагрузку содержит как статическую составляющую (ветровой напор), так и динамическую составляющую – действие пульсации ветра [11, 12].

1. Методика проведения динамических испытаний

Для исследования действительной работы пространственной стержневой конструкции антенной опоры АО-60 на Полигоне Донбасской

национальной академии строительства и архитектуры были проведены экспериментальные исследования. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Испытуемая антенная опора 1 устанавливалась в вертикальном положении на силовой пол 2 через опорные силовые балки 3 [1, 2].

Возбуждение колебаний опоры осуществлялось:

- вибратором с регулируемой частотой вращения эксцентрично закрепленного груза (вибромашины) [1] – для определения собственной частоты колебаний по первой форме;
- методом обрыва троса – для возбуждения колебаний по первой форме [1].

По первому способу вибромашина 2 и электродвигатель постоянного тока 3 устанавливались на площадке обслуживания конструкции (отметка +50 м) на специально изготовленные балки 6, позволяющие закрепить вибромашину 2 в рабочее положение. Схема испытательной установки представлена на рис. 1. Общая масса вибромашин 2 и электродвигателя 3 постоянного тока, приводящего ее в движение, составила 200 кг.

Изменение частоты вращения вибромашин 3 (рис. 2) осуществлялось усилителем 4,

позволяющим получать частоты возбуждающей силы от 0 до 25 Гц. Определение вибрационных характеристик антенной опоры АО-60 1 фиксировалось с применением измерителя вибродатчика ВЭГИК 5 (рис. 3), с пределом измерения частот от 0,5 до 2,0 Гц, расположенного на площадке обслуживания (верхняя площадка, отметка +59,3 м) [1, 3, 12]. Информация с вибродатчика ВЭГИК 5 передавалась на ПК 6 с помощью программного комплекса «InSense 2005» и записывалась в реальном масштабе времени в виде графика зависимости частоты собственных колебаний от времени в секундах.

Проведение экспериментальных исследований также контролировалось осциллографом 7, при достижении опорой 1 резонанса – первой частоты собственных колебаний. После проведения испытаний производилась обработка результатов и сравнение теоретических исследований с экспериментальными.

По второму способу для определения частоты колебаний по первой форме вибромашина заменялась стальным тросом 2, закрепленным к опоре 1 в двух точках одной грани на высоте 60 м. Схема испытаний представлена на рис. 4. Трос 2 через обводной блок 5 натягивался электрической шахтной лебедкой 7 грузоподъемностью $Q = 5$ т до тех пор, пока не произошло его разрушение, и опора не вошла в резонанс. Вся информация передавалась с вибродатчика ВЭГИК 3, установленного на отметке +59,3 м, на персональный компьютер ПК 6. Сбор информации производился ЭВМ программным комплексом «InSense 2005» в среде Windows.

2. Динамические испытания

Для определения значений собственных частот колебаний антенной опоры АО-60 и проверки расчетной схемы при динамическом действии

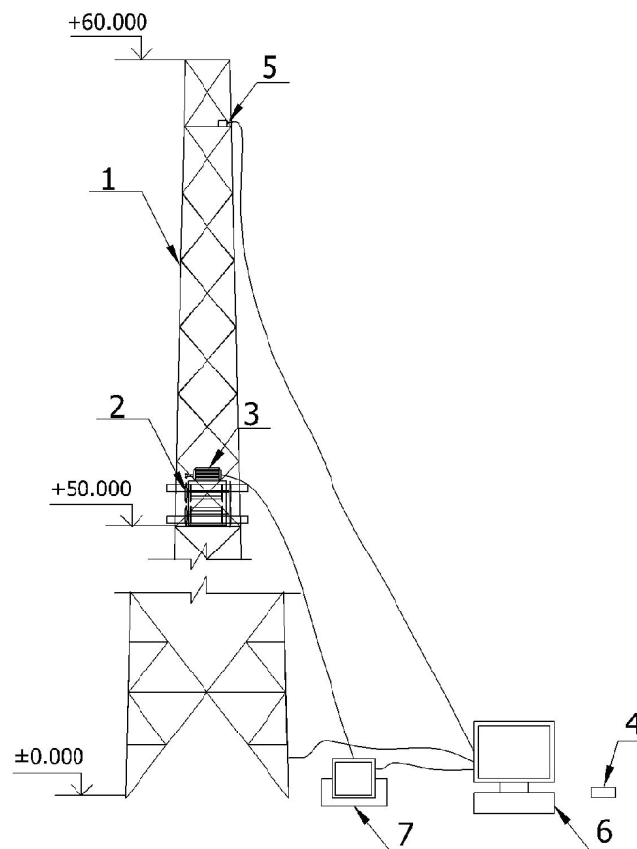


Рисунок 1. Схема динамических испытаний опоры АО-60 вибромашинной: 1 – испытываемая антенная опора АО-60; 2 – вибромашина; 3 – электродвигатель; 4 – усилитель; 5 – вибродатчик ВЭГИК; 6 – персональный ПК; 7 – осциллограф.

гололедно-ветровых воздействий были проведены экспериментальные исследования опоры на Полигоне ДонНАСА.

Результаты динамических испытаний методами вибромашины и обрывом троса в графическом виде представлены на рис. 5 и 6.

По результатам исследования получены значения собственных частот колебаний (табл. 1).



Рисунок 2. Общий вид вибромашины.

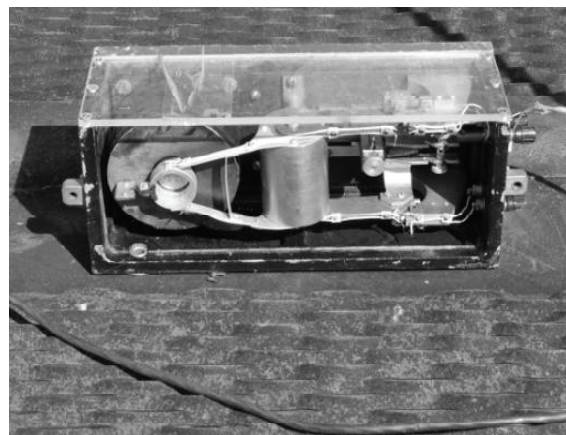


Рисунок 3. Общий вид вибрдатчика ВЭГИК.

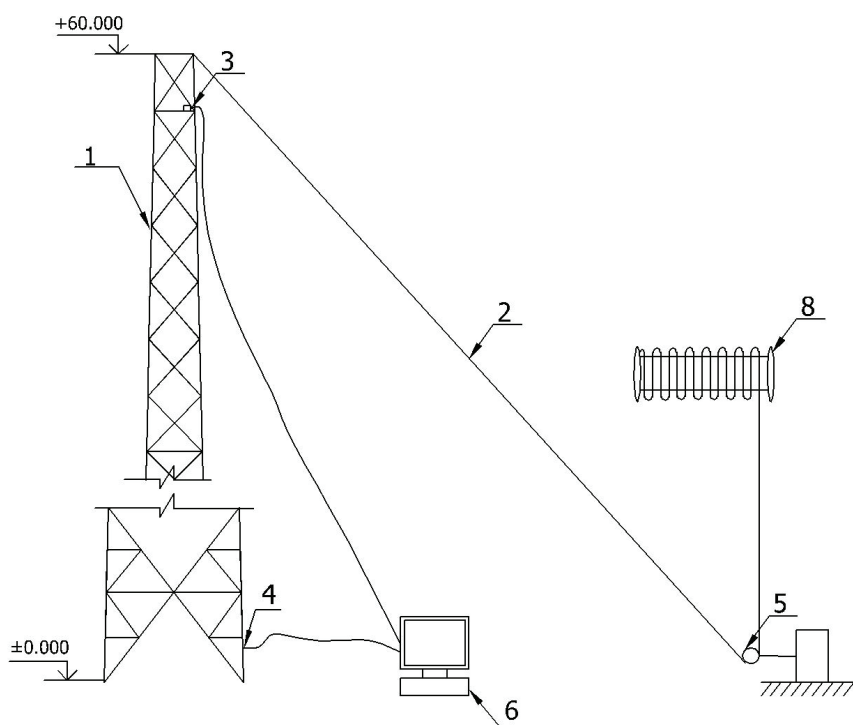


Рисунок 4. Схема динамических испытаний опоры методом обрыва троса: 1 – испытуемая антенная опора АО-60; 2 – тянущий трос; 3 – вибрдатчик ВЭГИК; 4 – тензодатчик; 5 – обводной блок; 6 – персональный ПК; 7 – электрическая лебедка грузоподъемностью 5 т.

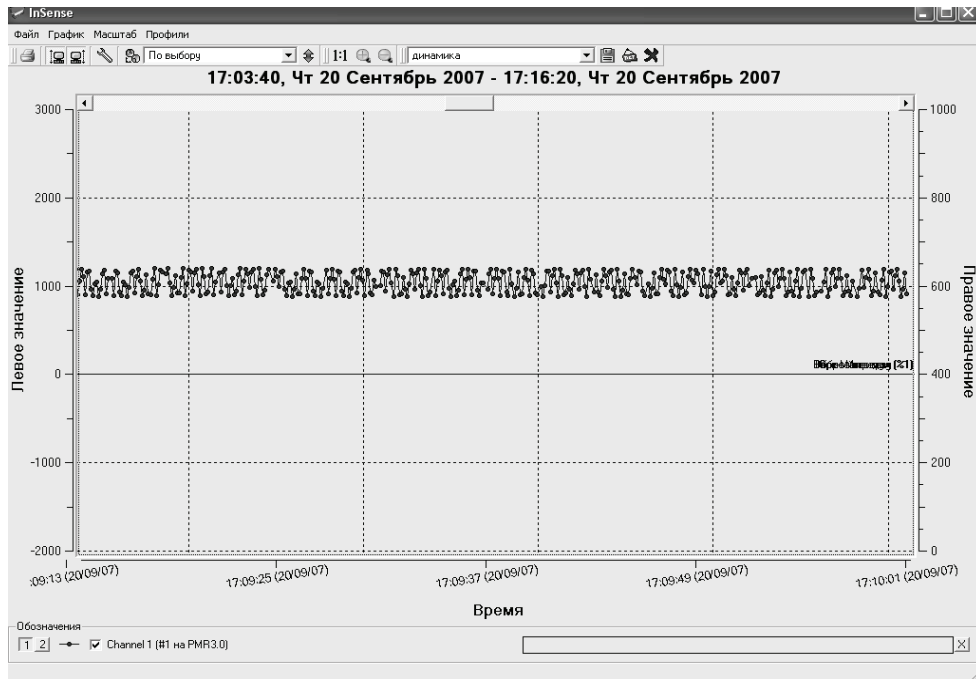


Рисунок 5. Резонанс опоры АО-60 вибромашинной.

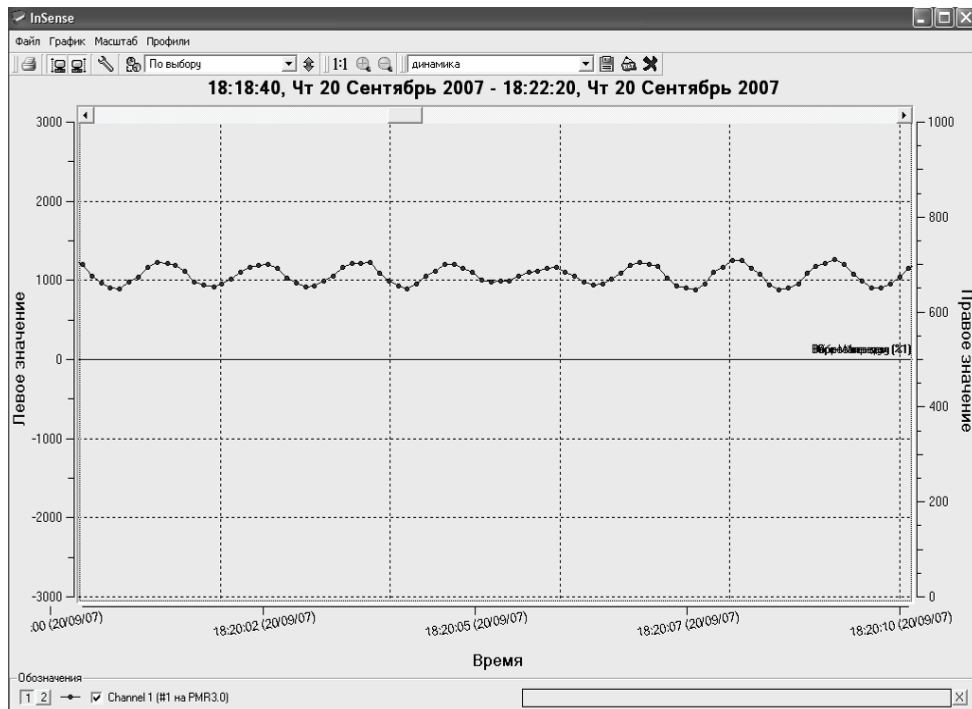


Рисунок 6. Резонанс опоры АО-60 методом обрыва тарированной скобы.

Таблица 1. Экспериментальные частоты колебаний для опоры АО-60

Тип опоры	Частота (Гц), метод обрыва троса	Частота (Гц), вибромашина	Частота (Гц), по расчету
АО-60	1,1	1,06	1,088

Литература

1. Альохін, А. М. Дійсна робота антенних опор під дією ожеледно-вітрових впливів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / Альохін Андрій Михайлович ; Дон. нац. акад. буд. і арх. – Макіївка, 2009. – 19 с. : іл., табл.
2. Барг, И. Г. Воздушные линии электропередачи. Вопросы эксплуатации и надежности / И. Г. Барг, В. И. Эдельман. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 248 с.
3. Болотин, В. В. Случайные колебания упругих систем / В. В. Болотин. – М. : Наука, 1979. – 336 с.
4. Динамический расчет сооружений на специальные воздействия: справочник проектировщика / М. Ф. Барштейн, Н. М. Бородачев, Л. Х. Бломин [и др.]; под ред. Б. Г. Коренева, Н. М. Рабиновича. – М. : Стройиздат, 1981. – 215 с.
5. Амбриашвили, Ю. К. Динамический расчет специальных инженерных сооружений и конструкций: справочник проектировщика / Ю. К. Амбриашвили, Б. Г. Коренев, А. Ф. Смирнов. – М. : Стройиздат, 1986. – 461 с.
6. Инструкция по расчету несущих конструкций промышленных зданий и сооружений на динамические нагрузки / [ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко]. – М. : Стройиздат, 1970. – 288 с.
7. Методика расчета стальных конструкций опор воздушных линий электропередачи на действие ветра с учетом профиля трассы / Е. В. Горохов, Е. В. Шевченко, Ю. В. Сапронов [и др.] // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – 2001. – Вип. 4(29) : Будівельні конструкції: будівлі та споруди. – С. 68–73.
8. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия : СНиП 2.01.07-85*. – Взамен главы СНиП II-6-74 ; введ. 1987-01-01. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 44 с.
9. Попов, Н. Н. Расчет конструкций на динамические и специальные нагрузки / Н. Н. Попов, Б. С. Расторгуев, А. В. Забегаев. – М. : Высш. шк., 1992. – 319 с.
10. Кулябко, В. В. Проблемы и принципы моделирования работы зданий и сооружений при динамических нагрузках / В. В. Кулябко // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – 2001. – Вип. 4(29) : Будівельні конструкції: будівлі та споруди. – С. 51–55.
11. Расчет сооружений на импульсные воздействия / [И. М. Рабинович, А. П. Сеницын, О. В. Лужин, В. М. Теренин]. – М. : Стройиздат, 1970. – 304 с.
12. Lysmer, J. Dynamic Model for Infinite Media: Proc. ASCE. *Journal Eng. Mechanics Division*. – 1969. – Vol. 95, No EM4. – P. 859–877.

References

1. Alokhin, A. M. The useful output of the antenna towers under icing and winding: abstract of the candidate's thesis in engineering: specialty 05.23.01 «Building structures». Makiivka, 2009. 19 p. (in Ukrainian)
2. Barg, I. G.; Edelman, V. I. Overhead power transmission lines. Operation and reliability affairs. Moscow: Energoatomizdat, 1985. 248 p. (in Russian)
3. Bolotin, V. V. Random vibration of elastic systems. Moscow: Nauka, 1979. 336 p. (in Russian)
4. Barshtein, M. F.; Borodachev, N. M.; Bliumin, L. Kh. et al.; Ed. B. G. Korenev, N. M. Rabinovich. Dynamic analysis of special effects on structures: Designer's reference book. Moscow: Stroiizdat, 1981. 215 p. (in Russian)
5. Ambriashvili, Yu. K.; Korenev, B. G.; Smirnov, A. F. Dynamic analysis of special engineering structures and buildings: Designer's reference book. Moscow: Stroiizdat, 1986. 461 p. (in Russian)
6. Instructions on dynamic load analysis for bearing structures of industrial buildings and structures. Moscow: Stroiizdat, 1970. 288 p. (in Russian)
7. Gorokhov, Ye. V.; Shevchenko, Ye. B.; Sapronov, Yu. V. et al. Design procedure for steel structures of towers for overhead power transmission lines on wind action regarding the route profile. *In compendium Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2001, Vol. 4(29), p. 68–73. (in Russian)
8. Building Norms and Regulations. Loads and actions: SNiP 2.01.07-85*. Moscow: FGUP TsPP, 2005. 44 p. (in Russian)
9. Popov, N. N.; Rastorguev, B. S.; Zabegaev, A. V. Structure design for dynamic and special loads. Moscow: Vysshiaia shkola, 1992. 319 p. (in Russian)
10. Kuliabko, V. V. Problems and principles of modeling building and structure operation under dynamic loads. *In compendium Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2001, Vol. 4(29), p. 51–55. (in Russian)
11. Rabinovich, I. M.; Sinitsyn, A. P.; Luzhin, O. V., Terenin, V. M. Stepping action design of structures. Moscow: Stroiizdat, 1970. 304 p. (in Russian)
12. Lysmer, J.; Kuhlemeyer, R. Dynamic Model for Infinite Media: Proc. ASCE. *Journal Eng. Mechanics Division*, 1969, Vol. 95, No. EM4, p. 859–877.

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 школи 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 робіт опор ліній електропередачі; регулювання і облік внутрішнього напруженого стану гарячекатаного прокату в будівельних конструкціях.

Альохін Андрій Михайлович — к.т.н., викладач кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: ожеледні навантаження та впливи на будівельні конструкції; надійність повітряних ліній електропередачі, випробування будівельних конструкцій.

Горохов Евгений Васильевич — д.т.н., профессор, заведующий кафедрой металлических конструкций, ректор Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Президент Украинской ассоциации по металлическим конструкциям, иностранный 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.

Василев 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 работ опор линий электропередачи; регулирование и учет внутреннего напряженного состояния горячекатаного проката в строительных конструкциях.

Алехин Андрей Михайлович — к.т.н., преподаватель кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: гололедные нагрузки на строительные конструкции, надежность воздушных линий электропередачи, испытание всех видов строительных конструкций.

Gorokhov Yevgen — Doctor of engineering sciences, Head of the Department «Metal Structures», 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.), a lecturer of the Department «Metal Structures», head of the Laboratory of testing building structures and building of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. A state prize-winner. 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.

Alokhin Andrii — Ph. D. (Eng.), a lecturer of the Department «Metal Structures» of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: icing loads on building structures, reliability of overhead power transmission lines, testing of all types of building structures.