



(18)-0385-1

МЕТОДИКА ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТОВ КОЛЕБАНИЙ КОНСТРУКЦИЙ ЖЕСТКОЙ ОШИНОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ СХЕМ ГАШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ

С. А. Фоменко, А. Н. Оржеховский, А. В. Танасогло

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.
E-mail: Fomenko_SA@mail.ru*

Получена 19 ноября 2018; принята 23 ноября 2018.

Анотация. Проблема уменьшения уровня колебаний конструкций жесткой ошиновки во многих случаях связана с необходимостью повышения жесткости и снижения материалоемкости конструкций, однако важно выполнение технологических требований, предъявляемых условиями эксплуатации, и защита людей от вредного действия вибраций. В статье рассматриваются новые способы гашения колебаний конструкций жесткой ошиновки под действием вихревого возбуждения ветра – «гаситель на нити», гаситель в виде жесткой вставки, пружинный гаситель. Приведены математические модели совместной работы конструкции жесткой ошиновки с демпфирующими устройствами. Проведены теоретические исследования совместной работы конструкции жесткой ошиновки с демпфирующими устройствами. Разработаны новые рекомендации, позволяющие осуществить выбор рационального типа демпфирующего устройства и выполнить расчет основных параметров гасителя колебаний конструкций жесткой ошиновки, а также условия его настройки и эксплуатации.

Ключевые слова: жесткая ошиновка, труба-шина, открытые распределительные устройства, гаситель колебаний, демпфирование, ветровой резонанс, вихревое возбуждение колебаний.

МЕТОДИКА ИНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКІВ КОЛИВАНЬ КОНСТРУКЦІЙ ЖОРСТКОЇ ОШИНОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ НОВИХ СХЕМ ГАСІННЯ КОЛИВАНЬ

С. О. Фоменко, А. М. Оржеховський, А. В. Танасогло

*ДОН ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.
E-mail: Fomenko_SA@mail.ru*

Отримана 19 листопада 2018; прийнята 23 листопада 2018.

Аннотация. Проблема снижения уровня колебаний конструкций жесткой ошиновки у багатьох випадках пов'язана з необхідністю збільшення жорсткості та зниження матеріаломісткості конструкцій, однак важливо виконання технологічних вимог, що обумовлені умовами експлуатації, і захист людей від шкідливої дії вібрацій. У статті розглядаються нові способи гасіння коливань конструкції жорсткої ошиновки під дією вихрового збудження вітру – «гаситель на нитці», гаситель у вигляді жорсткої вставки, пружинний гаситель. Наведено математичні моделі спільної роботи конструкції жорсткої ошиновки з демпфувальними пристроями. Проведені теоретичні дослідження спільної роботи конструкції жорсткої ошиновки з демпфувальними пристроями. Розроблені нові рекомендації, що дозволяють зробити вибір раціонального типу демпфувального пристрою та виконати розрахунок основних параметрів гасителя коливань конструкцій жорсткої ошиновки, а також умови його налаштування і експлуатації.

Ключеві слова: жорстка ошиновка, труба-шина, відкритий розподільчий пристрій, гаситель коливаний, демпфування, вітровий резонанс, вихрове збудження коливаний.

THE METHOD OF ENGINEERING CALCULATIONS OF THE OSCILLATIONS OF THE STRUCTURE OF RIGID CONDUCTORS WITH THE APPLICATION OF NEW MODES OF DAMPING

Serafym Fomenko, Anatoliy Orzhekovskiy, Anton Tanasoglo

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,

2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.

E-mail: Fomenko_SA@mail.ru

Received 19 November 2018; accepted 23 November 2018.

Abstract. The problem of reducing the level of vibrations of rigid busbar structures in many cases is associated with the need to increase rigidity and reduce the material consumption of structures, however, it is important to fulfill the technological requirements of the operating conditions and protect people from the harmful effects of vibrations. The article discusses new ways of damping vibrations of rigid busbar structures under the action of the vortex excitation of the wind – «damper on the thread», damper in the form of a rigid insert, spring damper. Mathematical models of joint operation of rigid busbar design with damping devices are given. It has been given theoretical studies of the joint design of rigid busbars with damping devices. New recommendations have been developed that allow the selection of a rational type of damping device and the calculation of the main parameters of an oscillation damper of rigid busbar structures, as well as the conditions for its adjustment and operation.

Keywords: rigid busbar, pipe-tire, open distribution devices, vibration damper, damping, wind resonance, vortex excitation of vibrations.

Формулировка проблемы.

Жесткая ошиновка (ЖО) предназначена для передачи и распределения электрической энергии между высоковольтными аппаратами в составе как открытых (ОРУ), так и закрытых распределительных устройств (ЗРУ) быстросмонтируемых комплектных трансформаторных подстанций. Одним из основных вопросов при проектировании конструкции жесткой ошиновки является вопрос стабилизации конструкции под действием различных динамических нагрузок.

Анализ последних исследований и публикаций.

Отечественные и зарубежные нормы [1, 2, 3] утверждают, что устойчивые (стабилизированные) ветровые резонансные колебания шин не наступают, если наибольший прогиб шин при периодическом срыве воздушных вихрей с резонансной частотой $u_{p, \max}$ не достигает допустимых значений $u_{p, \text{доп}}$, т. е.:

$$u_{p, \max} \leq u_{p, \text{доп}} \quad (1)$$

Если условие (1) не выполняется, тогда необходимо использование специальных устройств для гашения резонансных колебаний трубы-шины [6–14]. Дальнейшие методики по выбору таких устройств и их параметров отсутствуют.

Цель исследования

Создание методики инженерных расчетов колебаний конструкций жесткой ошиновки с использованием новых схем гашения колебаний (рис. 1).

Основной материал

«Гаситель на нити» — это новый способ гашения колебаний конструкций ЖО, поэтому были проведены его теоретические численные исследования.

Для рассмотрения поведения гасителя на нити при колебаниях шины была рассмотрена модель в виде колебаний двух подсистем — трубы-шины и «гасителя на нити» (рис. 1).

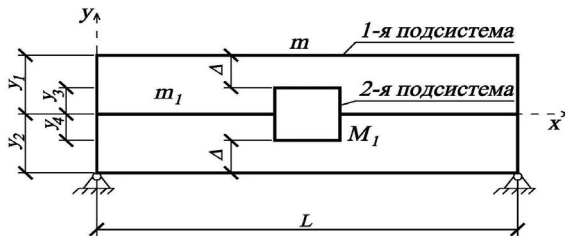


Рисунок 1. Схема расположения «гасителя на нити» в трубе: y_1, y_2 – координаты перемещений верхних и нижних точек трубы; y_3, y_4 – координаты перемещений верхних и нижних точек гасителя; m – погонная масса трубы; m_1 – погонная масса нити; M_1 – масса гасителя; Δ – величина зазора между гасителем и трубой.

Первая подсистема представляет собой весомый стержень трубчатого сечения с погонной массой m с сосредоточенной массой M , сжатый силой T (рис. 2). Сосредоточенная масса M учитывает вес возможного оборудования, которое может присутствовать на шине (при отсутствии данный параметр равен нулю). Усилие сжатие соответствует усилию натяжения нити второй подсистемы – гасителя.

Дифференциальное уравнение собственных поперечных колебаний 1-ой подсистемы представим в виде:

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + m \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + 2\beta m \frac{\partial y}{\partial t} + T \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{M}{L} \delta(x-u) \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0, \quad (2)$$

где $\delta(x-u)$ – дельта-функция Дирака. Уравнение движения среднего сечения стержня в начальных параметрах имеет вид:

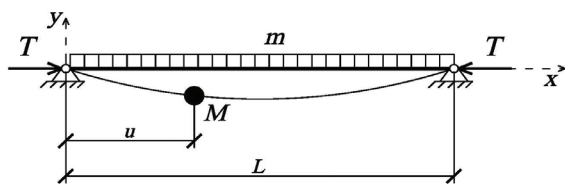


Рисунок 2. Динамическая модель 1-ой подсистемы – трубы шины.

$$y(x,t) = e^{-\beta t} \left(y_0 A_{kx} + \frac{y'_0}{k_0} B_{kx} + \frac{M_0}{k_0^2 EI} C_{kx} + \frac{P_0}{k_0^3 EI} D_{kx} + \frac{P}{k_0^3 EI} D_{k(x-u)} \right) \times \varepsilon(x-u) \times \sin(\omega t + \mu). \quad (3)$$

Вторая подсистема представляет собой колебания весомой нити погонной массой m_1 с сосредоточенной массой M_1 , растянутой силой T (рис. 3).

Дифференциальные уравнения поперечных колебаний нити с массой имеет вид:

$$m_1 \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - T \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{M_1}{L} \delta(x-u_1) \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + 2\beta_1 m \frac{\partial y}{\partial t} = 0. \quad (4)$$

Уравнение движения среднего сечения нити с массой в начальных параметрах имеет вид:

$$y_1(x,t) = e^{-\beta_1 t} \left(y_0 \cos kx - \frac{P_0}{kT} \sin kx - \frac{P_1}{k_n T} \sin k(x-u_1) \varepsilon(x-u_1) \right) \times \sin(\omega_1 t + \mu_1). \quad (5)$$

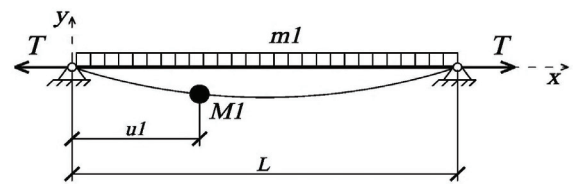


Рисунок 3. Динамическая модель колебаний «гасителя на нити».

Модель колебаний представленной системы нелинейна и влияние параметров «гасителя на нити» на максимальную амплитуду, скорость рассеивания энергии колебаний 1-ой подсистемы (шины) зависит от ряда факторов. В результате факторного анализа отдельно выделены наиболее значимые факторы гасителя, значительно влияющие на указанные выше параметры колебаний шины при внешнем возмущении:

- 1 – зазоры Δ (рис. 1) между стенкой трубы-шины и гасителем колебаний [предельные значения из конструктивных соображений $\Delta = (0,05 \div 0,35) D_{\text{трубы}}$];
- 2 – соотношение частот колебаний гасителя и трубы [предельные значения частоты гасителя из конструктивных особенностей и условия критических напряжений в трубе от натяжения нити $f_g = (0,5 \div 2,2) f_{\text{трубы}}$];
- 3 – масса демпфирующей насадки гасителя колебаний [предельные значения из конструктивных соображений $M_g = (1 - 5\%) \times M_{\text{трубы}}$].

Материал демпфирующей насадки должен обеспечивать как можно большие невосполнимые потери энергии при соударении. Данный параметр может быть изучен экспериментальным путем, в теоретических исследованиях соударение принималось условно абсолютно упругим.

Пружинный гаситель (рис. 4, а) состоит из пружины и сосредоточенной на краю массы, которая колеблется в противофазе к основной конструкции.

Гаситель в виде жесткой вставки (рис. 4, б) – это твердое тело (полнотелое и полое), помещенное внутри трубы на часть пролета или по всей длине конструкции.

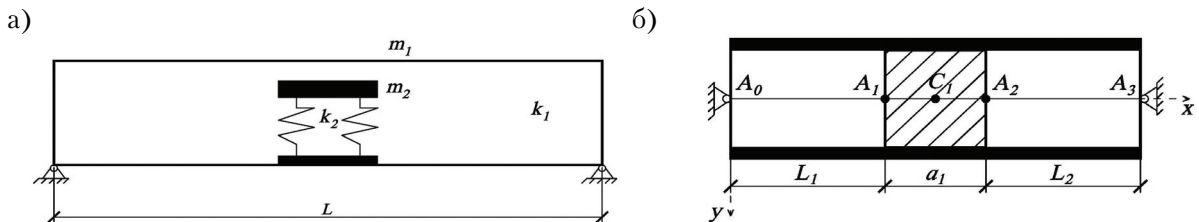


Рисунок 4. Схема совместной работы жесткой ошиновки и гасителя колебаний:

- а) «пружинного гасителя» и трубы: m_1, m_2 – масса трубы и масса гасителя; k_1, k_2 – жесткость трубы и гасителя;
- б) гасителя в виде жесткой вставки и трубы: L_1, L_2 – длина части трубы; a_1 – длина жесткой вставки.

Совместную работу конструкции, подверженной вихревому возбуждению ветра, и пружинного гасителя изложено в работе [4]. Масса пружинного гасителя колебаний лежит в пределах 1...3 % от массы колеблющейся конструкции.

Для гасителя в виде жесткой вставки механическая система мысленно разбивается на три тела: стержень A_0A_1 , твёрдое тело A_1A_2 и стержень A_2A_3 . Уравнения движения механической системы состоят из уравнения поперечных колебаний первого стержня A_0A_1 , уравнений движения твёрдой вставки A_1A_2 и уравнения поперечных колебаний второго стержня A_2A_3 .

Дифференциальные уравнения поперечных колебаний стержней A_0A_1 и A_2A_3 имеют вид:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + a^2 \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = 0. \quad (6)$$

Этим уравнением поперечных колебаний стержня с достаточной точностью можно пользоваться в предположении, что размеры поперечных сечений стержня малы по сравнению с его длиной, в противном случае необходимо пользоваться более полным дифференциальным уравнением поперечных колебаний, учитывающим влияние поперечной силы и инерции вращения:

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + m \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - mi^2 \left(1 + \frac{kE}{G} \right) \frac{\partial^4 y}{\partial x^2 \partial t^2} + \frac{i^2 km^2}{FG} \frac{\partial^4 y}{\partial t^4} = 0. \quad (7)$$

Уравнения движения твердой вставки A_1A_2 с частью трубы:

$$\begin{cases} m_1 a_y = \sum_k F_{ky}; \\ J_c \varepsilon = \sum_k m_{c1} (\bar{F}_k) \end{cases} \quad (8)$$

Из приведенных зависимостей были получены трансцендентные уравнения для определения частот собственных колебаний трубы-шины и новых гасителей колебаний, а также определены амплитуды собственных колебаний трубы-шины с приведенными гасителями колебаний.

Численный эксперимент (рис. 5) для гасителя в виде жесткой вставки проведен для стальной трубы сечением $159 \times 5,5$ мм, пролет трубы – 13,5 м, опирание на концах – шарнирное. Жесткая вставка рассматривалась полностью из древесины (плотность 500 кг/м^3), стали (плотность 7850 кг/м^3) и алюминиевого сплава (плотность 2770 кг/м^3). Длина жесткой вставки варьировалась в пределах 20...70 % от длины трубы.

Методика учета совместной работы конструкции жесткой ошиновки с новыми способами гашения колебаний

При проектировании конструкций ОРУ с жесткой ошиновкой используют все достоинства шин, чтобы получить максимальный эффект. Известно, что жесткая ошиновка высокой за-

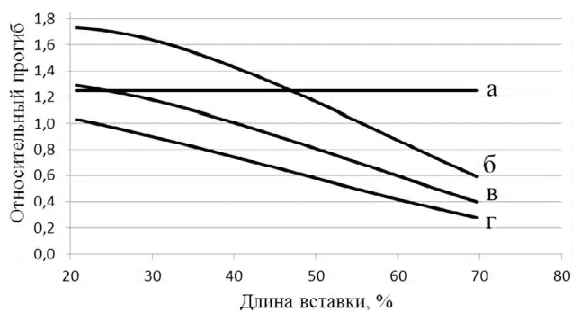


Рисунок 5. Изменение относительного прогиба (амплитуды) трубы в зависимости от длины жесткой вставки: а – прогиб трубы без вставки; б – прогиб трубы со стальной вставкой; в – прогиб трубы с алюминиевой вставкой; г – прогиб трубы с деревянной вставкой.

водской готовности позволяет снизить металлоемкость ОРУ на 30-50 %, расход железобетона на 10...20 %, площадь ОРУ на 10...15 %, объем строительно-монтажных работ и трудозатрат до 25 % в зависимости от схем электрических соединений ОРУ и конкретных условий района строительства.

Жесткая ошиновка ОРУ выполняется из достаточно прочных алюминиевых сплавов с пролетами шин 9 м и более (110 кВ и выше). Ошиновка ОРУ подвержена воздействию солнечной радиации, ветра и гололеда.

Как показывают исследования и опыт эксплуатации, резонансная скорость ветра невелика и составляет не более 2...3 м/с. Напряжения в материале шины и нагрузки на изоляторы в этом режиме обычно существенно меньше допустимых значений. Ниже приведем методику инженерных расчетов колебаний конструкций жесткой ошиновки с использованием новых схем гашения колебаний.

Порядок проектирования, строительства и эксплуатации жесткой ошиновки с учетом выбора гасителя колебаний.

1. Согласно нормативным документам [1, 2, 3] или решая частотное уравнение [5] определяем первую частоту собственных колебаний трубы-шины f_{1y} .
2. Проверяем условие (1) для принятой конструкции жесткой ошиновки.
3. При невыполнении условия (1) выбираем тип гасителя колебаний.

Предполагаемой рациональной областью для применения «гасителя на нити» с одной массой являются конструкции жесткой ошиновки с диаметрами шин 150... 250 мм и пролетами 9...15 м.

Предполагаемой рациональной областью для применения «гасителя на нити» с двумя массами являются конструкции жесткой ошиновки с диаметрами шин 150...250 мм и пролетами 12...17 м.

Предполагаемой рациональной областью для применения виброударного (пружинного) гасителя являются конструкции жесткой ошиновки с диаметрами шин 90...250 мм и пролетами 9...20 м.

4. Производим расчет параметров выбранного гасителя колебаний.

Массу «гасителя на нити» с одной или двумя массами M_1 принимаем равной 1...3 % от массы трубы–шины и располагаем в месте максимальных перемещений трубы–шины. Силу натяжения нити T_1 принимаем такой, чтобы была максимально допустимой для выбранной нити (провода) и частота «гасителя на нити» была в 2 раза выше частоты собственных колебаний трубы–шины. Масса виброударного (пружинного) гасителя колебаний также лежит в пределах 1...3 % от массы конструкции ЖО. Длина (вылет) L консоли виброударного гасителя колебаний определяется по формуле

$$L = \sqrt[3]{\frac{3EI}{M(2\pi \cdot f_{1y})^2}}. \quad (9)$$

Жесткость пружинного гасителя определяется по формуле:

$$k_2 = M_2 \cdot (2\pi \cdot f_{1y})^2. \quad (10)$$

5. Выполняют динамические испытания для установленной конструкции ЖО без гасителя колебаний.
6. По полученным параметрам гасителя производится его изготовление, монтаж на установленную конструкцию ЖО и настройка.

Литература

1. СОУ 40.132385941-39:2011. Проектирование жесткой ошиновки в открытых распределительных устройствах напряжением от 110 до 750 кВ: методические указания; введ. 2010-12-08. – [Б. м.] : Институт «Укрэнергосетьпроект», 2010. – 75 с.
2. СТО 56947007-29.060.10.006-2008. Методические указания по расчёту и испытаниям жёсткой ошиновки ОРУ 110-500 кВ. – Введен впервые ; введ. 2007-06-25. – [Б. м.] : ОАО «ФСК ЕЭС», 2007. – 64 с.
3. Design Guide for Rural Substations. – RUS Bulletin 1724E-300. – Official publication. – Washington : United States Department of Agriculture, 2001. – 764 p.
4. Денисов, Е. В. Пружинный одномассовый инерционный динамический гаситель колебаний / Е. В. Денисов, С. А. Фоменко // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури : матеріали ІХ міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, 2010. – Вип. 2010-4(84). В 2 т. – Том I. – С. 15-18.

7. Выполняют динамические испытания для установленной конструкции ЖО с гасителем колебаний.
8. Полученные динамические характеристики конструкции с гасителем и без него заносят в динамический паспорт.
9. Рекомендуется периодическая проверка динамических характеристик конструкции не реже 1 раза в 2 года. Изменение конструктивных решений трубы–шины или гасителя колебаний может быть вызвано отличием полученных параметров от эталонных не менее, чем на 20 %.

Выводы

1. Разработаны новые рекомендации, позволяющие осуществить выбор рационального типа демпфирующего устройства и выполнить расчет основных параметров гасителя колебаний конструкций жесткой ошиновки, а также условия его настройки и эксплуатации.
2. Разработанная методика решает задачу необходимого дополнения существующих нормативных документов в части реализации расчетного обоснования применяемых методов гашения колебаний, а также обоснования рациональных параметров гасителей колебаний.

Reference

1. SOU 40.132385941-39:2011. Design of rigid busbars in open distribution devices with voltage from 110 to 750 kV: guidelines; enter 2010-12-08. – [S. c.]: Institute "Ukrenergoproekt", 2010. – 75 p.
2. STO 56947007-29.060.10.006-2008. Guidelines for the calculation and testing of rigid busbar of 110-500 kV open switchgear. – Entered for the first time; enter 2007-06-25. – [S. c.]: JSC FGC UES, 2007. – 64 p.
3. Design Guide for Rural Substations. – RUS Bulletin 1724E-300. – Official publication. – Washington : United States Department of Agriculture, 2001. – 764 p.
4. Denisov, E. V. Fomenko, S. A. Spring single-mass inertial dynamic oscillation damper / E. V. Denisov, S. A. Fomenko // In: *Proceedings of Donbas State National Academy of Civil Engineering and Architecture: materials of the IX international scientific conference, and their hard work and students*, 2010. – Issue 2010-4 (84). In 2 t. – Volume 1. – p. 15-18.

5. Фоменко, С. А. Рациональные способы демпфирования изгибных колебаний балочных конструкций (на примере жесткой ошиновки открытых распределительных устройств) : дисс. канд. техн. наук : 05.23.01 : защищена 26.01.2018 / Фоменко Серафим Александрович. – Макеевка : ДонНАСА, 2017. – 163 с. : ил. – Библиогр.: с. 129-142.
6. Ways of antihunting rigid conductors structures of outdoor switchgears of the power supply network construction / Ye. V. Gorokhov, V. F. Mushchanov, V. V. Kulyabko [and other] // The 10th International Conference – «Modern Building Materials, Structures and Techniques», Vilnius, 19-21 may, 2010. – P. 619-627.
7. Пат. 40435 Україна, МПК F16F 15/00. Вузол з'єднання відтяжок з жорсткими елементами / Кулябко В. В., Муцанов В. П., Масловський А. В., Денисов Є. В.; заявник та власник патенту Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, UA, Донбаська національна академія будівництва та архітектури, UA, – № 200812539; заявл. 27.10.2008; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 7. – 3 с.
8. Пат. 40431 Україна, МПК F16F 15/00. Спосіб гасіння основного тону згинальних коливань жорсткої ошиновки / Кулябко В. В., Муцанов В. П., Масловський А. В., Денисов Є. В.; заявник та власник патенту Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, UA, Донбаська національна академія будівництва та архітектури, UA, – № 200812462; заявл. 23.10.2008; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 7. – 4 с.
9. Пат. 40094 Україна, МПК F16F 15/00. Аеродинамічний спосіб гасіння згинальних коливань вітрового резонансу труби / Кулябко В. В., Муцанов В. П., Масловський А. В., Денисов Є. В.; заявник та власник патенту Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, UA, Донбаська національна академія будівництва та архітектури, UA, – № 200812314; заявл. 20.10.2008; опубл. 25.03.2009, Бюл. № 6. – 2 с.
10. Пат. 40434 Україна, МПК F16F 15/00. Гаситель згинальних коливань / Кулябко В. В., Муцанов В. П., Масловський А. В., Денисов Є. В., Михєєв А. М.; заявник та власник патенту Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, UA, Донбаська національна академія будівництва та архітектури, UA, – № 200812538; заявл. 27.10.2008, опубл. 10.04.2009; Бюл. №7. – 5 с.
11. Пат. 40099 Україна, МПК F16F 15/00. Струнний демпфер для гасіння згинальних коливань вітрового резонансу труби / Кулябко В. В., Муцанов В. П., Масловський А. В., Денисов Є. В.; заявл. 20.10.2008; опубл. 25.03.2009, Бюл. № 6. – 2 с.
12. Пат. 1163071 СССР, МПК F16F 15/00, F17D 1/20. Вибропоглощающий трубопровод / Байков Э. В., Бувайло Л. Е., Ионов А. В.; заявитель и патентообладатель Байков Э. В., Бувайло Л. Е., Ионов А. В. – № 1163071; заявл. 16.04.83; опубл. 23.06.85, Бюл. № 23.
5. Fomenko, S. A. Rational methods of damping flexural vibrations of beam structures (for example, rigid busbars of open switchgears): diss. cand. tech. sciences: 05.23.01: It is protected on 26.01.2018 / Fomenko Serafim Aleksandrovich. – Makeyevka : DonNASA, 2017. – 163 p. : il. – Bibliogr. : p. 129-142
6. Ways of antihunting rigid power supply network construction / Ye. V. Gorokhov, V. F. Mushchanov, V. V. Kulyabko [and other] // The 10th International Conference – «Modern Building Materials, Structures and Techniques», Vilnius, 19-21 may, 2010. - P. 619-627.
7. Patent 40435 Ukraine, IPC F16F 15/00. Kuz'abko V. V., Mushchanov V. P., Maslovsky A. V., Denisov Ye. V.; The applicant is a patent holder Pridneprovsky State Academy of Civil Engineering and Architecture, UA, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, UA, – № 200812539; declare 10.27.2008; publ. 04/10/2009, Byul. № 7. – 3 p.
8. Patent 40431 Ukraine, IPC F16F 15/00. Kulyabko V. V., Mushchanov V. P., Maslovsky A. V., Denisov Ye. V.; The applicant is a patent holder Pridneprovsky State Academy of Civil Engineering and Architecture, UA, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, UA, – No. 200812462; declare 10/23/2008; publ. 04/10/2009, Byul. № 7. – 4 p.
9. Patent 40094 Ukraine, IPC F16F 15/00. Kulyabko V. V., Mushchanov V. P., Maslovsky A. V., Denisov Ye. V. Aerodynamic method of damping the bending vibrations of the wind resonance of the pipe. AT.; The applicant is a patent holder Pridneprovsky State Academy of Civil Engineering and Architecture, UA, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, UA, – №. 200812314; announced October 20, 2008; publ. 03/25/2009, Bull. № 6. – 2 p.
10. Patent 40434 Ukraine, IPC F16F 15/00. Quencher of the original colivan / Kulyabko V. V., Mushchanov V. P., Maslovsky A. V., Denisov Ye. V., Mikhov A. M. ; The applicant is the patent owner Pridneprovsky State Academy of Civil Engineering and Architecture, UA, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, UA, – № 200812538; declare 10.27.2008; publ. 04/10/2009, Byul. № 7. – 5 p.
11. Patent 40099 Ukraine, IPC F16F 15/00. Stringy Damper for Gas Collisional Vital Colivan Resonance / Kulyabko V. V., Mushchanov V. P., Maslovsky V. V., Denisov Ye. V.; The applicant is the patent owner Pridneprovsky State Academy of Civil Engineering and Architecture, UA, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, UA, – №. 200812343; declare 10/20/2008; publ. 03/25/2009, Bull. № 6. – 2 p.
12. Patent 1163071 USSR, IPC F16F 15/00, F17D 1/20. Vibration-absorbing pipeline / Baykov E. V., Buvaylo L. E., Ionov A. V.; applicant and patentee Baikov E. V., Buvaylo L. E., Ionov A. V. – № 1163071; declare 04/16/83; publ. 06/23/85, Bull. № 23
13. Patent 721616 USSR, IPC F16F 13/00. Coating for damping vibrations of pipelines / Zeynetdinova R. Z., Naumkina N. I., Tartakovskiy B. D. ; applicant and

13. Пат. 721616 СССР, МПК F16F 13/00. Покрытие для демпфирования вибраций трубопроводов / Зейнетдинова Р. З., Наумкина Н. И., Тартаковский Б. Д.; заявитель и патентообладатель Зейнетдинова Р. З., Наумкина Н. И., Тартаковский Б. Д. - № 721616; заявл. 21.08.78; опубл. 15.03.80, Бюл. № 10.
14. Пат. 2402129 Российская Федерация, МПК F16F 15/00. Устройство для передачи и распределения электроэнергии / Долин А. П., Долин С. А.; заявитель и патентообладатель Долин А. П., Долин С. А. - № 2402129; заявл. 25.08.2008; опубл. 20.10.2010, Бюл. № 29.
- patentee Zeynetdinova R. Z., Naumkina N. I., Tartakovsky B. D. - № 721616; declare 08.21.78; publ. 15.03.80, Bull. № 10
14. Patent. 2402129 Russian Federation, IPC F16F 15/00. A device for the transmission and distribution of electricity / Dolin A. P., Dolin S. A.; applicant and patent owner Dolin A. P., Dolin S. A. - № 2402129; declare 08/25/2008; publ. 10/20/2010, Bull. № 29.

Фоменко Серафим Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной механики «Донбасской национальной академии строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие общей методики динамических расчетов элементов строительных конструкций и поиск рациональных способов гашения колебаний.

Оржеховский Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной механики «Донбасской национальной академии строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование действительной работы и показателей надежности стальных стационарных рамноконсольных покрытий над трибунами стадионов.

Танасогло Антон Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений «Донбасской национальной академии строительства и архитектуры». Научные интересы: эксплуатационная надежность и оптимальное проектирование конструкций воздушных линий электропередачи и антенных опор, изучение действительной работы металлических решетчатых конструкций башенного типа.

Фоменко Серафим Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки «Донбаської національної академії будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток загальної методики динамічних розрахунків елементів будівельних конструкцій і пошук раціональних способів гасіння коливань.

Оржеховський Анатолій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки «Донбаської національної академії будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження дійсної роботи і показників надійності сталевих стаціонарних рамноконсольних покриттів над трибунами стадіонів.

Танасогло Антон Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій і споруд «Донбаської національної академії будівництва і архітектури». Наукові інтереси: експлуатаційна надійність та оптимальне проектування конструкцій повітряних ліній електропередавання і антенних опор, вивчення дійсної роботи металевих ґраток стіх конструкцій баштового типу.

Fomenko Serafym – Ph.D. (Engineering), associate Professor; Theoretical and Applied Mechanics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of the general dynamic design technique of building structure elements and search for the rational ways of vibration damping.

Orzhekhovskiy Anatoliy – Ph.D. (Engineering), associate Professor; Theoretical and Applied Mechanics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of the real work and indicators of reliability of stationary steel framecantilever coverings over the stands of stadiums.

Tanasoglo Anton – Ph.D. (Engineering), associate Professor; Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: operational reliability and optimal designing of overhead power transmission line and antenna support structures, studying of the valid work of metal lattice tower supports.