



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

2014, ТОМ 20, НОМЕР 1, 5–14

УДК 624.042

(14)-0302-2

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДАЛЬНИХ ЗУСИЛЬ У ШАРНІРНО-СТЕРЖНЬОВІЙ СИСТЕМІ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

В. М. Василев, А. М. Миронов, А. М. Югов, О. Б. Бондарев

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

Отримана 12 листопада 2013; прийнята 24 січня 2014.

Анотація. Виконано визначення та детальний аналіз теоретичного напружено-деформованого стану експериментальної металевої шарнірно-стержньової системи із системою управління, що розглянута як плоска статично невизначена система із шарнірними вузлами. Величини теоретичних складальних зусиль у досліджуваній системі отримані за допомогою обчислювального комплексу SCAD. При розрахунку складальних зусиль враховано різноманітний розподіл складальних похибок. Наведена схема спеціалізованої експериментальної установки. Представлені експериментальні значення складальних зусиль у досліджуваній конструкції із системою управління похибками. На основі отриманих результатів виконано детальне порівняння експериментальних значень складальних зусиль із теоретичними складальними зусиллями, що визначені за допомогою обчислювального комплексу SCAD. Результати та методика виконаних експериментальних досліджень дозволяє визначити складальні зусилля не тільки у плоскій шарнірно-стержньовій системі, але і в просторовій великопрольотній.

Ключові слова: великопрольотні металоконструкції, стержньові системи, складальні похибки, монтажні впливи, розмірний ланцюг, напружено-деформований стан, теорія управління, МСЕ, експеримент.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СБОРОЧНЫХ УСИЛИЙ В ШАРНИРНО-СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В. Н. Васылев, А. Н. Миронов, А. М. Югов, А. Б. Бондарев

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

Получена 12 ноября 2013; принята 24 января 2014.

Аннотация. Выполнено определение и подробный анализ теоретического напряжённо-деформированного состояния экспериментальной металлической шарнирно-стержневой системы с системой управления, которая рассматривается как плоская статически неопределимая система с шарнирными узлами. Величины теоретических сборочных усилий в исследуемой системе получены с помощью вычислительного комплекса SCAD. При расчёте сборочных усилий учитывалось различное распределение сборочных погрешностей. Приведена схема специализированной экспериментальной установки. Представлены экспериментальные значения сборочных усилий в исследуемой конструкции с системой управления погрешностями. На основании полученных результатов выполнено детальное

сравнение экспериментальных значений сборочных усилий с теоретическими сборочными усилиями, определёнными с помощью вычислительного комплекса SCAD. Результаты и методика выполненных экспериментальных исследований позволяют определять сборочные усилия не только в плоской шарнирно-стержневой системе, но и в пространственной большепролётной.

Ключевые слова: большепролётные металлоконструкции, стержневые системы, погрешности сборки, монтажные воздействия, размерная цепь, напряжённо-деформированное состояние, теория управления, МКЭ, эксперимент.

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL AND THEORETICAL RESEARCH EFFORTS IN THE ASSEMBLY HINGE-CORE SYSTEM USING A CONTROL SYSTEM

Volodymyr Vasylev, Andrey Mironov, Anatoliy Yugov, Alexey Bondarev

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

Received 12 November 2013; accepted 24 January 2014.

Abstract. Determination is made and a detailed theoretical analysis of the stress-strain state of the experimental metal hinge-rod system with a control system, considered as a flat statically indeterminate system with articulated units. The values of the theoretical assembly effort in this system are obtained by computing complex SCAD. When calculating the assembly effort took into account the different distribution of assembly errors. The scheme of a specialized experimental facility. Shows the experimental values of the assembly effort in the study design with a control system errors. Based on the results made a detailed comparison of the experimental values with the theoretical efforts assembly, assembly force determined by computing complex SCAD. The results and the methods of experimental studies can determine the assembly efforts not only in the flat hinge-rod system, but also in the spatial span.

Keywords: large-span steel structures, bar systems, errors assembly, installation impact, dimensional chain, the stress-strain state, control theory, finite element method, the experiment.

Introduction

Experimental and theoretical study of any system is a multilevel and multifaceted process of receiving and processing information. This process begins with the initial processing of information related to the object of the experimental studies. Earlier in [1], the authors proved the relevance of the experimental studies, describes a method of their execution, instrument base, design and construction of the experimental setup. In this paper provides a brief overview of the previous experimental studies, as well as results of experimental and theoretical research efforts in the assembly of flat – hinged rod system made by the authors.

Formulation of the problem

For a substantiation theoretical results of stress-strain parameters of state of the structures for the error by finite element method (FEM) requires experimental validation of the results of the calculation. In domestic practice for such studies span rod metallic coatings are virtually absent. The authors also noted earlier that the design of building structures should recognize their work [2, 3]. It should be noted that many domestic doctoral research devoted to assembly errors span beam structures, often performed without experimental verification of the results of [4–7]. Exception may be the work V. I. Trofimov, E. V. Tretyakova [8, 9] which performed an experimental study of devia-

tions (gaps) in the rods of the structural unit of Moscow Architectural Institute, and the work of D. V. Konin [10] devoted to the experimental study of joints colon between milled ends.

The works of V. I. Buyakas, A. Gvamichavy [11], Bruno Robin J. [12], Gaul L., Albrecht H., Wirnitzer J. [13], Kartal M. E., Basaga H. B., Bayraktar A., Muvafik M. [14], Kim H. M., Doiron H. H. [15], devoted to the study of the influence of errors on the reflectivity of radio telescopes. The works of A. Preumont [16] devoted to the study of defects on the bearing capacity of cable-stayed bridges. Unfortunately, the results of the above-mentioned works cannot be applied to large-span spatial core metal coatings. Take into account the peculiarities of designs require many regulations [17–22]. However, these documents are ways considering the peculiarities of single-frame or multi-story building, but says nothing about other objects, including for long-span metal rod coatings. To date, such an effect can be taken into account, i. e. feature as the accumulation of assembly errors and effort by numerical studies for long-span metal rod coatings and other systems. Assembly errors and efforts arise from multiple systems does not precise fabrication and installation, as well as the inevitable process of accumulation of errors [2], which lead to a decrease in the carrying capacity of core metal structures. Hence the need for experimental verification of the assembly effort.

The purpose, problems and object of study

Purpose of the experimental researches is to identify assembly effort from the force created by assembly errors in the flat hinge-rod system. To achieve the goal of experimental studies are needed to decide the following problem – to conduct tests for different parameters design scheme according to the previously proposed methods of identification of assembly effort [2], and analyze the results. The object of experimental studies adopted a flat piece of hinged-shell core in the form of a full-scale model farm.

The proposed experimental studies are needed to assess the impact of the errors on the parameters of the stress-strain state, namely:

- identifying and clarifying the actual stress-strain state of the core structure for the error;

- study and analyze changes in the values of assembly effort when the margin of error, load and schemes of rods with disabilities;
- comparisons of the theoretical values of the assembly effort with the experimental assembly effort for later study the reliability of the results obtained using the methods [2, 3].

The analysis and processing of the experimental and theoretical results

As a result dismountable character of all components experimental apparatus, you may receive many structurally and geometrically non-linear factors in the estimated amount of the force element may have a high error – scatter in the values. The assembly force is determined for each load step. For this a survey was made load cells and in accordance with the results determined by the probabilistic assessment of the longitudinal force in each element. The result of the experiment, the values Δ strain in the elements in each stage of the experiment. Under the received Δ discrepancies between theoretical and experimental values of the assembly effort in this section is performed statistical analysis of the results of Δ , thus, according to [23] were calculated:

- The average value of Δ :

$$\Delta = \sum_{i=1}^n \Delta_i / n, \quad (1)$$

where n – the number of measurements.

- Standard deviations (SD) of the results Δ :

$$S(\bar{\Delta}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \Delta)^2}{n \times (n-1)}}. \quad (2)$$

- The bounds of random error at a confidence level $P = 0.95$:

$$\varepsilon = t \times S(\bar{\Delta}), \quad (3)$$

where t – Student's coefficient for a confidence probability $P = 0,95$;

$S(\Delta)$ – standard deviation of the results Δ .

Identification and theoretical and experimental efforts in the truss Theoretical Investigation of stress-strain state of structures with errors made method of finite element method (FEM) using the computer complex SCAD (CC SCAD). Simulation of assembly deviations were modeled influence of temperature

in the CC SCAD. The design scheme, the geometry of the assembly and the value of effort, such as the stage of the S-1 are shown in Fig. 1.

The test truss is set horizontally on the floor with the power does not shift the poles. For the operation of a farm in the plane it is further secured between the supporting girders, which are shown in Fig. 1 shows the installation of elastically supports plane truss. To exclude the bending at the touch of truss with the supporting rigels were set rollers to support, as shown in Fig. 2. The load was applied to the rods in steps of 1 mm in a single series in order to establish the influence of deviations of the lengths of rods on the parameters of the stress-strain state. In the studied system had to forcibly create a bias – and therefore assembly error efforts. Ie being affected by the external structure are implemented in the form of control elements, which further allows to create and bias. For this individual rods are made with clutch – rods P2, P2, R2.1...R2.3 shown in Fig. 1b.

On the testimony of the pickoff busiest by treatment in «Microsoft Excel» graphics were built theoretical and experimental efforts in assembling the elements and are listed below. The location of strain gauges on the element P1 and R1.1 given in Fig. 3. General view of the experimental setup during the experiment is shown in Fig. 4.

The analysis of results of calculation of the rod system based on assembly errors

For presentation, better understanding and analysis of the results is made graphical interpretation of the results of experimental and theoretical results in the form of graphs, i. e., curves of: the stage of the experiment – the value of the assembly efforts – see Fig. 5...7. The vertical assembly values are shown in kN efforts that occur in the study design element. The horizontal on each graph plots the stage experimental studies, which were taken into consideration during processing of the results.

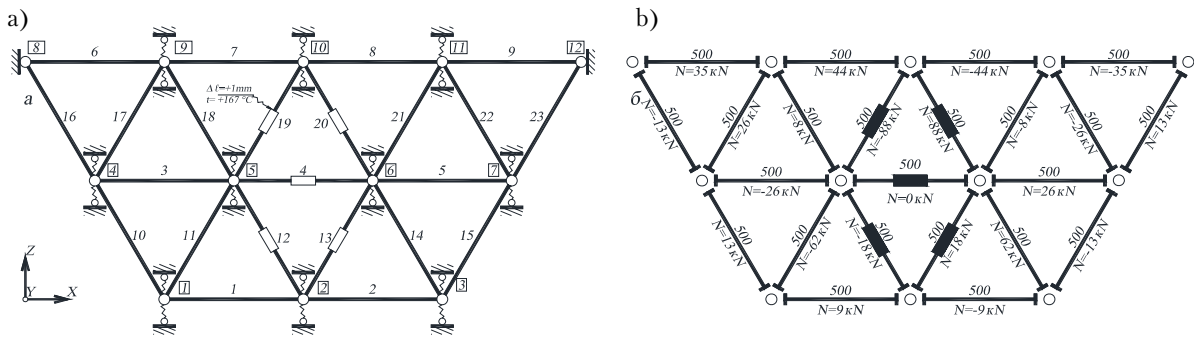


Figure 1. The scheme of truss: a) calculated, b) geometric with efforts.

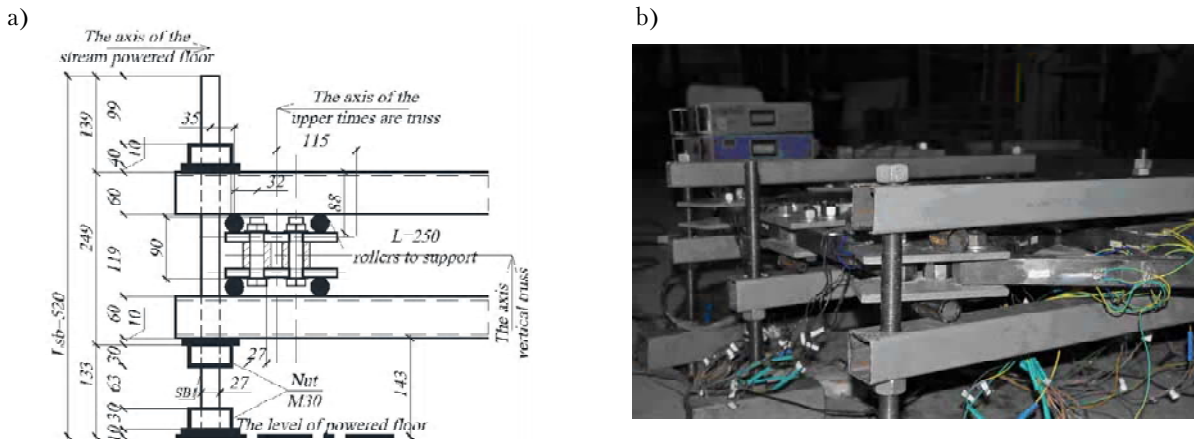


Figure 2. The scheme of installation rollers to support: a) the drawing, b) in fact.



Figure 3. Location strain gauge.

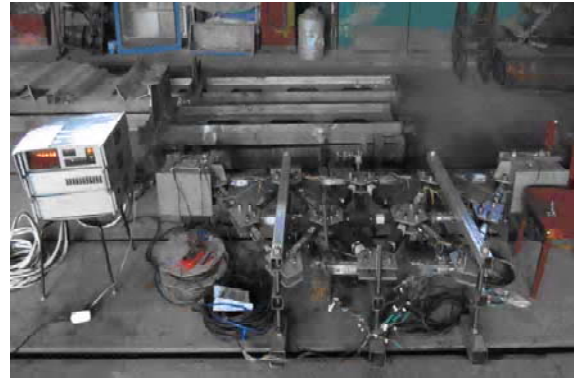


Figure 4. General view of the experimental apparatus during experiment.

To know value and direction of the deviation of the rods with a deviation to the stage shown in Fig. 5...7 need to work [1]. For example, the horizontal member for this step R1-1, stage 35 and stage 69 – S-1, S-35 and S-69 in Fig. 5. Similarly given for the other elements. It should be noted that the stage S-1 correspond to S-7, S-9, S-15 and S-35 corresponds to Stage S-41, S-43, S-49, S-69 stage steps correspond to S-75, S-77, S-83. The same approach for the deviations from the «-» sign.

For example, the horizontal element P1 given stage 1, Step 35 and step 69 – S-1, S-35 and S-69 in Fig. 5. Similarly, given for the other elements. It should be noted that the step S-1 correspond to the S-7, S-9, S-15, and S-35 – S correspond to steps 41, S-43, S-49, S-69 phase corresponds to step S-75, S-77, S-83. The same approach for the deviations from the «-» sign. Step S-18 corresponds to step S-24, S-26, S-32 to S-52 corresponds to S-58, S-60, S-66 to S-88 corresponds to S-90, S-94, S-100. In this paper, results of the comparison of theoretical and experimental assembly effort is not fully represented and not all bars because of the large amount of information.

It is obvious that the values of the experimental assembly efforts are not consistent forces in the bars P2, P2.1, R2.2, R2.3 in separate stages – due to the fact that the accuracy of measurement SGMS-2 will not reliably record the efforts of less than 50 kN – In our case. In these elements theoretical force values do not exceed 25 kN. A similar situation is observed in cell P3, P3.1, R3 and R3.1. Graph for the element R2.2 shown in Fig. 7.

The average value of the relative difference between the calculated theoretical value and the experimental value of the assembly effort in accordance with the data, does not exceed 25%. The margin is primarily the result of the idealization of the design scheme when performing theoretical calculations (structurally nonlinear effects of bolting inability accurate fixation assembly efforts during the experiment, etc.). Thus design assumptions and methodological approach to the definition of assembly efforts hinged-rod system can be used in real design practice. Consequently, experimental studies conducted confirms the adequacy of methods for determining the assembly effort [3].

Conclusion

1. The possibility of practical application of the methodology for determining the assembly effort [3] on the hinge-core system using a temperature effect is studied experimentally and confirmed by custom installation based on the model fragment flat hinge-core shell in the form of a full-scale model truss, which allows to vary the set of initial parameters of design scheme.
2. In experimental studies found that the distribution of forces in the elements depends on the magnitudes of the deviations of assembly, as well as the scheme of distribution (location) of assembly errors.
3. The experimental values show sufficient efforts convergence of theoretical and experimental

values. Experimental values assembly effort differ from the theoretical is not more than 1...25 %.

- The results of experimental research efforts assembly applicable for use not only in a planar hinged-rod system, but also because the spatial

span methodical approach to the definition of assembly effort for spatial span rod metal systems is the same. The general form of designed objects can be varied – a cylindrical, spherical, elliptical, toroidal, conical and the other.

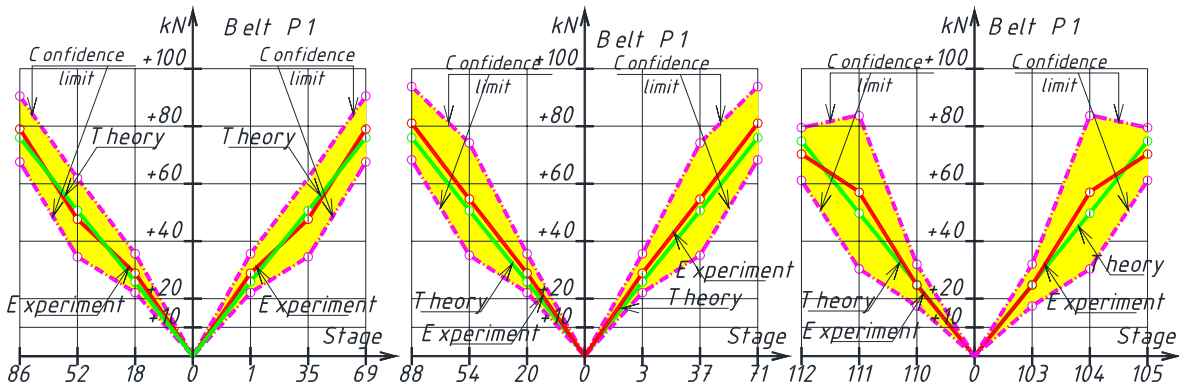


Figure 5. The efforts of assembly in P1.

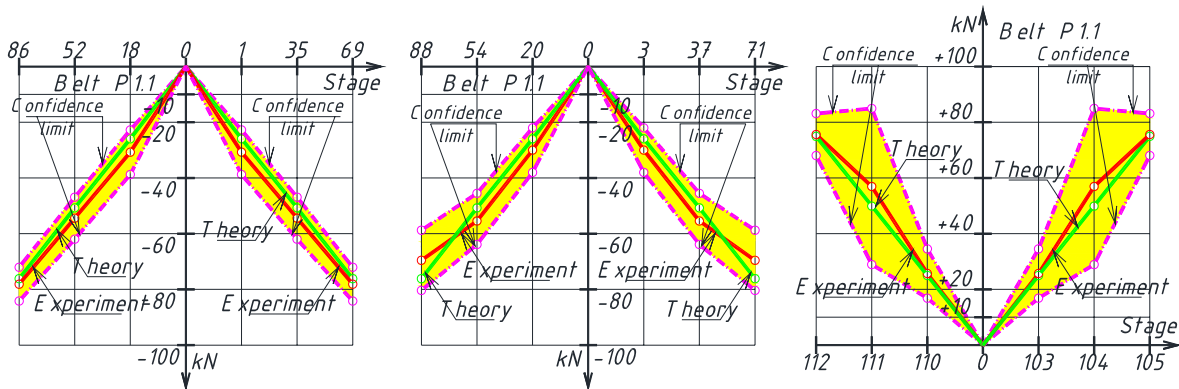


Figure 6. The efforts of assembly in P1.1.

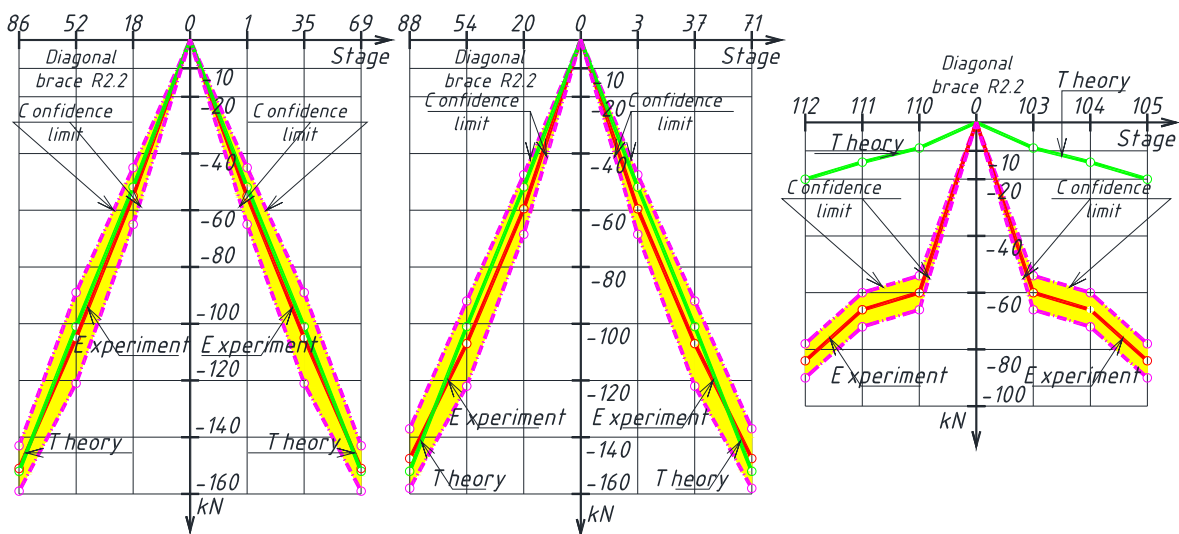


Figure 7. The efforts of assembly in R2.2.

References

1. Методология экспериментально-теоретического исследования сборочных усилий в шарнирно-стержневой системе с использованием системы управления [Text] / В. Н. Васылев, А. Н. Миронов, А. М. Югов, А. Б. Бондарев // Металлические конструкции. – 2013. – Том 19, № 4. – С. 215–223.
2. Югов, А. М. Численное статистическое исследование возможных погрешностей возведения однопоясной металлической оболочки покрытия цилиндрической формы [Text] / А. М. Югов, А. Б. Бондарев // Сборник докладов научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения профессора Е. И. Белени «Расчёт и проектирование металлических конструкций». 25 марта 2013 года, г. Москва / под. ред. А. Р. Туснина. – Москва : МГСУ, 2013. – С. 247–251.
3. Югов, А. М. Напряжённо-деформированное состояние однопоясной стержневой металлической оболочки покрытия цилиндрической формы при наличии погрешностей изготовления и монтажа [Text] / А. М. Югов, А. Б. Бондарев // Металлические конструкции. – 2013. – Том 19, № 1. – С. 27–36.
4. Абусамра Аттальман, Ю. А. Влияние начальных несовершенств конструкций двухпоясных сетчатых куполов на их несущую способность [Text] : дис. ... кандидата технических наук / Ю. А. Абусамра Аттальман. – Ростов-на-Дону, 2006. – 148 с.
5. Колесников, Г. Н. Об учете случайных отклонений длин стержней от проектных размеров при расчете ферм [Text] / Г. Н. Колесников ; Петрозаводский государственный университет. – Петрозаводск, 1985. – 15 с. – Деп. в ВИНТИ 07.06.85, № 3978-85.
6. Моисеев, М. В. Начальные усилия и собираемость стальных структурных конструкций при случайных отклонениях длин стержней [Text] : дис. ... кандидата технических наук / М. В. Моисеев. – Казань : КГАСА, 2004. – 164 с.
7. Сно, В. Е. Влияние геометрических погрешностей сборных каркасов на работу конструкций многоэтажных зданий [Text] : дис. ... кандидата технических наук / В. Е. Сно. – М. : ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 1981. – 164 с.
8. Третьякова, Э. В. Исследование металлических стержневых плит и оболочек [Text] : автореферат диссертации ... кандидата технических наук / Э. В. Третьякова. – М. : ЦНИИЭП ТБЗиТК, 1971. – 21 с.
9. Трофимов, В. И. Учет влияния податливости болтового соединения на работу структурной конструкции [Text] / В. И. Трофимов, Э. В. Третьякова, И. И. Зуева // Строительная механика и расчет сооружений. – 1976. – № 7. – С. 24–26.
10. Конин, Д. В. Напряжённо-деформированное состояние колонн высотных зданий с металлическим каркасом с учётом неточностей монтажа [Text] : автореферат диссертации ... кандидата

References

1. Vasylev, V. N.; Mironov, A. N.; Yugov, A. M.; Bondarev, A. B. Methodology experimental and theoretical research efforts in the assembly pivotally-core system using a control system. In: *Metal construction*, 2013, Volume 19, № 4, p. 215–223. (in Russian)
2. Yugov, A. M.; Bondarev, A. B. Numerical study of possible statistical errors erection odnopoyasnoy metal shell covering cylindrical. In: *Proceedings of the scientific-practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor E. Belene «Calculation and design of steel structures»*. March 25, 2013, Moscow / Edited by A. R. Tushina. Moscow: MSUCE, 2013, p. 247–251. (in Russian)
3. Yugov, A. M.; Bondarev, A. B. Stress-strain state of metal single layer cylindrical covering shell of as a result of erection errors. In: *Metal Construction*, 2013, Volume 19, Number 1, p. 27–36. (in Russian)
4. Abusamra Attalman, A. Influence of initial imperfections designs of two-mesh domes on their load-carrying capacity: the Dissertation of the candidate of technical sciences. Rostov-on-Don, 2006. 148 p. (in Russian)
5. Kolesnikov, G. N.; Petrozavodsk State University. On account of random variation of the lengths of the rods in the calculation of the project size farms. Petrozavodsk, 1985, 15 p. Dep. in VINITI 07.06.85, № 3978-85. (in Russian)
6. Moiseev, M. V. Initial efforts and collection of steel structural designs at random deviations of the lengths of rods: Dissertation of the candidate of technical sciences. Kazan: KSASEA, 2004. 164 p. (in Russian)
7. Sno, V. E. The influence of geometrical errors of prefabricated scaffolds for construction of multi-storey buildings work: Dissertation of the candidate of technical sciences. Moscow: TsNIISK for V. A. Kucherenko, 1981. 164 p. (in Russian)
8. Tretyakova, E. V. The study of metal rod plates and shells: the Dissertation of the candidate of technical sciences. Moscow: TsNIIEP TBZiTK, 1971. 21 p. (in Russian)
9. Trofimov, V. I.; Tretyakova, E. V.; Zuev, I. I. Accounting for the Effects compliance bolting to the structural design work. In: *Structural Mechanics and calculation of structures*, 1976, No. 7, p. 24–26. (in Russian)
10. Konin, D. V. The stress-strain state of the columns of high-rise buildings with metal frames with the uncertainties of installation: Dissertation of the candidate of technical sciences. Moscow: TsNIISK for V. A. Kucherenko, 2011. 24 p. (in Russian)
11. Buyakas, V. I. Statically determinate controlled structures and their applications in technical problems of space astronomy: Dissertation of the doctor of technical sciences. Moscow, 2004. 190 p. (in Russian)
12. Bruno, Robin J. Identification of nonlinear joints in a truss structure. In: *Proceedings of the American*

- технических наук / Д. В. Конин. – М. : ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 2011. – 24 с.
11. Буякас, В. И. Статически определимые регулируемые структуры и их приложения в технических задачах космической астрономии [Text] : дис. ... доктора технических наук / В. И. Буякас. – М., 2004. – 190 с.
 12. Bruno, Robin J. Identification of nonlinear joints in a truss structure [Text] / Robin J. Bruno // Proceedings of the American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) / American Society of Mechanical Engineers (ASME) Adaptive Structures Forum, Hilton Head, SC. – Washington : American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1994. – P. 402–410.
 13. Gaul, L. Semi-active friction damping of large space truss structures [Text] / L. Gaul, H. Albrecht, J. Wirnitzer // Shock and Vibration. – 2004. – Vol. 11. – P. 173–186.
 14. Effects of semi-rigid connection on structural responses [Text] / M. E. Kartal, H. B. Basaga, A. Bayraktar, M. Muvafik // Electronic Journal of Structural Engineering. – 2010. – Vol. 10. – P. 22–35.
 15. Kim, H. M. On-orbit modal identification of large space structures [Text] / H. M. Kim, H. H. Doiron // Sound and Vibration. – Vol. 26, № 6. – 1992. – P. 24–30.
 16. Preumont, A. Vibration control of active structures. An introduction [Text] / A. Preumont. – 2-nd Edition. – New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow : Kluwer Academic Publishers, 2004. – 385 p.
 17. ГОСТ 26607-85. Система обеспечения точности геометрических параметром в строительстве. Функциональные допуски [Text]. – Введ. с 01.01.86. – М. : Издательство стандартов, 1985. – 13 с.
 18. ДБН 362-92. Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації [Text]. – Введ. 1992-07-01. – К. : Укрархбудінформ, 1995. – 46 с.
 19. ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ [Text]. – Уведено вперше зі скасуванням в Україні ГОСТ 27751 (СТ СЭВ 384-87), СТ СЭВ 3972-83, СТ СЭВ 3973-83, СТ СЭВ 4417-83, СТ СЭВ 4868-84 ; чинні з 2009-12-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 45 с.
 20. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу [Text]. – На заміну СНиП П-23-81* окрім розділів 15*–19, СНиП П-18-75 окрім розділів 3–8, СНиП 3.03.01-87 у частині, що стосується сталевих конструкцій окрім п.п. 4.78–4.134 ; чинні від 2011-12-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с.
 21. ENV 1991-1. Eurocode–1: Basic of design and *Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) / American Society of Mechanical Engineers (ASME) Adaptive Structures Forum, Hilton Head, SC.* Washington: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1994, p. 402–410.
 13. Gaul, L.; Albrecht, H.; Wirnitzer, J. Semi-active friction damping of large space truss structures. In: *Shock and Vibration*, 2004, Vol. 11, p. 173–186.
 14. Kartal, M. E.; Basaga, H. B.; Bayraktar, A.; Muvafik, M. Effects of semi-rigid connection on structural responses. In: *Electronic Journal of Structural Engineering*, 2010, Vol. 10, p. 22–35.
 15. Kim, H. M.; Doiron, H. H. On-orbit modal identification of large space structures. In: *Sound and Vibration*, 1992, Vol. 26, № 6, p. 24–30.
 16. Preumont, A. Vibration control of active structures. An introduction. 2-nd Edition. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic Publishers, 2004. 385 p.
 17. GOST 26607-85. System for ensuring geometrical parameters accuracy in construction. Functional tolerances. Moscow: Publishing standards, 1985. 13 p. (in Russian)
 18. DBN 362-92. Evaluation of the technical state of steel structures of industrial buildings and facilities in operation. Kyiv: Ukrarhbudinform, 1995. 46 p. (in Ukrainian)
 19. DBN V.1.2-14-2009. The system of reliability and safety provision of constructional projects. General concepts of reliability control and constructive safety of buildings, structures and building constructions and supports. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2009. 45 p. (in Ukrainian)
 20. DBN B.2.6-163:2010. The constructions of buildings and structures. The steel constructions. Norms for design, fabrication and erection. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2011. 127 p. (in Ukrainian)
 21. ENV 1991-1. Eurocode–1: Basic of design and actions of structures. Part 1: Basic of design. Brussels: CEN, 1994. 106 p.
 22. ES ISO 2394:2012. General principles on reliability for structures. Identical with ISO 2394:1998. [S. l.]: Ethiopian Standards Agency, 2012. 73 p.
 23. Gmurman, V. E. Guide to solving problems in the theory of probability and mathematical statistics. 9-th edition, stereotype. Moscow: High School, 2004. 404 p. (in Russian)

- actions of structures. Part 1: Basic of design [Text]. – Brussels : CEN, 1994. – 106 p.
22. ES ISO 2394:2012. General principles on reliability for structures [Text]. – Identical with ISO 2394:1998. – [S. l.] : Ethiopian Standards Agency, 2012. – 73 p.
23. Гмурман, В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике [Текст] / В. Е. Гмурман. – 9-е издание, стереотипное. – М. : Высшая школа, 2004. – 404 с.

Василев Володимир Миколайович – кандидат технічних наук, доцент; професор кафедри металевих конструкцій, начальник лабораторії випробування будівельних конструкцій та споруд (ЛВБКтаС) Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи металевих конструкцій.

Миронов Андрій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження НДС вузлів металевих та сталезалізобетонних конструкцій, дослідження питань втомної міцності металевих конструкцій.

Югов Анатолій Михайлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проектування, монтаж, експлуатація, технічна діагностика, оцінка технічного стану, реконструкція, посилення та демонтаж будівельних металевих конструкцій, технологія і організація робіт при будівництві і реконструкції будівель і споруд.

Бондарев Олексій Борисович – аспірант кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проектування, монтаж металевих та комбінованих конструкцій.

Васильев Владимир Николаевич – кандидат технических наук, доцент; профессор кафедры металлических конструкций, начальник лаборатории испытания строительных конструкций и сооружений (ЛИСКиС) Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: изучение действительной работы металлических конструкций.

Миронов Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование НДС узлов металлических и сталежелезобетонных конструкций, исследование вопросов усталостной прочности металлических конструкций.

Югов Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: проектирование, монтаж, эксплуатация, техническая диагностика, оценка технического состояния, реконструкция, усиление и демонтаж строительных металлических конструкций, технология и организация работ при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

Бондарев Алексей Борисович – аспирант кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: проектирование, монтаж, эксплуатация металлических и комбинированных конструкций.

Vasylev Volodymyr – PhD (Eng.), Associate Professor; Professor of Metal Structures Department, manager of the «Laboratory of Tasted Building Structures & Constructions» (LTBS&C), Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of the valid work of metal structures.

Mironov Andrey – PhD (Eng.), Associate Professor; Metal Structures Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. His research interests: research IDC nodes metal and ferroconcrete structures, study of the issues of fatigue strength of metal constructions.

Yugov Anatoliy – DSc (Eng.), Professor; Head of Construction Engineering and Management Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: designing, assembling, exploitation, technical diagnostics, estimation of technical state, reconstruction, reinforcement and dismantling of building metal constructions, technology and organization of works, new building and reconstruction of buildings and structures.

Bondarev Alexey – postgraduate of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Construction Engineering and Management Department. Scientific interests: designing, erection of steel and complex construction.