



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

2013, ТОМ 19, НОМЕР 4, 215–223

УДК 624.042

(13)-0299-2

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

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

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
вул. Державіна, 2, м. Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.*

E-mail: amyrus@mail.ru

Отримана 9 жовтня 2013; прийнята 22 листопада 2013.

Анотація. У статті виконано аналіз виконаних раніше експериментальних досліджень. Обґрунтована актуальність проведення експериментальних досліджень складальних зусиль у шарнірно-стержньовій системі із використанням системи конструктивної компенсації похибок. Наведена методика експерименту та схема експериментальної установки. Представлена методика експериментальних досліджень дозволяє визначити фактичні складальні зусилля не тільки у плоскій металевій шарнірно-стержньовій системі, але і в просторовій великопрольотній стержньовій оболонці. Загальна форма об'єктів, що проектується, може бути різноманітна – циліндрична, сферична, еліптична, тороїдальна, конічна тощо.

Ключові слова: великопрольотні металоко́нструкції, стержньові системи, похибки складання, монтажні впливи, теорія розмірних ланцюгів, напружено-деформований стан, теорія управління, МСЕ, експеримент.

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

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

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

E-mail: amyrus@mail.ru

Получена 9 октября 2013; принята 22 ноября 2013.

Аннотация. В статье выполнен анализ проведенных ранее экспериментальных исследований. Обоснована актуальность проведения экспериментальных исследований сборочных усилий в шарнирно-стержневой системе с использованием системы конструктивной компенсации погрешностей. Приведена методика эксперимента и схема экспериментальной установки. Представленная методика экспериментальных исследований позволяет определять фактические сборочные усилия не только в плоской металлической шарнирно-стержневой системе, но и в пространственной большепролётной стержневой оболочке. Общая форма проектируемых объектов может быть разнообразна – цилиндрическая, сферическая, эллиптическая, тороидальная, коническая и т. д.

Ключевые слова: большепролётные металлоко́нструкции, стержневые системы, погрешности сборки, монтажные воздействия, теория размерных цепей, напряжённо-деформированное состояние, теория управления, МКЭ, эксперимент.

THE METHODOLOGY OF EXPERIMENTAL AND THEORETICAL RESEARCH EFFORTS IN THE ASSEMBLY HINGE-CORE SYSTEM WITH USE A CONTROL SYSTEM

Volodymyr Vasylev, Andrey Myronov, Anatoliy Yugov, Alexey Bondarev

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

Received 9 October 2013; accepted 22 November 2013.

Abstract. This article gives an analysis of previous experimental studies. The urgency of carrying out experimental research efforts in the assembly hinge-core system with use a system of positive error compensation. The methodology of the experiment and the scheme and the experimental setup. The presented method allows to determine the experimental studies of the actual assembly efforts not only in the flat metal hinge-core system, but also in the spatial span core shell. The general form of designed objects can be varied – cylindrical, spherical, elliptical, toroidal, conical, etc.

Keywords: large-span steel structures, bar systems, errors assembly, installation impact, theory of the size of chains, stress-strain state, control theory, FEM, experiment.

Introduction

Design of large-span spatial rod systems is a multi-level and multi-faceted process of obtaining and processing information. Processing starts with the original design information relating to the design object that is converted repeatedly in the design process is completed and the state as a complete set of design documentation. The use of the computer in the design process allows us not only to automate routine work to create a formal information-designed object, but also enhances the quality of design solutions and, as a consequence, increase the reliability and durability of the structure.

Formulation of the problem

However, the design of building structures must take into account the characteristics of their work [1]. For example, using computer numerical studies on possible account of such features of the large-core systems, such as assembly errors and efforts arising from them is not precise manufacturing and assembly [2, 3]. However, designed for use on a personal computer method for determining errors and assembly effort [2, 4] require experimental verification, that is verification.

Analysis status of the problem

In the study of the theoretical stress-strain state of structures with errors by the finite element method (FEM) to experimental confirmation of the reliability of the results of the calculation, as well as the fact that the domestic practice of such studies for large- core metal coatings available. It should be noted that domestic doctoral research devoted to assembly errors, large-span beam structures, often performed without experimental verification of the results [5–8]. Exclusion of may be only of work V. I. Trofimov, E. V. Tretiakova [9, 10], which performed an experimental study of deviations (gaps) in the rods of the structural unit of Moscow Architectural Institute, and the work of D. V. Konin [11], devoted to the experimental study of joints between columns milled ends. The works of V. I. Buyakas, A. S. Gvamichavy [12], J. Bruno Robin [13], L. Gaul, H. Albrecht, J. Wurnitzer [14], M. E. Kartal, H. B. Basaga, A. Bayraktar, M. Muvafik [15], H. M. Kim, H. H. Doiron [16] devoted to the study of the effect of errors on the reflectivity of radio telescopes, the carrying capacity of cable-stayed bridges – work A. Preumont [17], and the results unfortunately cannot be applied to large-span spatial core of metallic coatings.

The goal, objectives, object of study

Purpose research is to develop methods of experimental determination of the assembly effort from the force created by assembly errors in the hinged-rod system. The object of research – fragment of a flat hinge-core shell in the form of a full-scale model farm. To reach the goal of research is necessary to solve the following problems:

- to create a dedicated test facility, with a flat hinged-rod system that allows you to change the basic parameters of the computational model (the magnitude and direction of the deviation, the number and arrangement of the elements with disabilities, etc.);
- to develop a methodology of experimental studies, i. e. technology to perform the tests at different parameters calculated scheme to justify the adequacy of the previously developed methods of theoretical determination of the assembly effort [2].

The decision designated tasks is caused the fact that at theoretical study of the stress-strain state of structures with errors FEM necessary experimental confirmation of the reliability of the results of the calculation, as well as the fact that the practice of building to date, such studies for construction of metal rods are missing.

The technique to study

Wiring diagram of the experimental farm is shown in Fig. 1, and the design and geometry of the numbered rods and assemblies are shown in Fig. 2. Diagonal brace and truss belt made of square

steel with a width of 40 mm edge, steel ST45 ($R_y = 345$ MPa). Luminaries' and support (S1) are made of steel sheet $t = 12$ mm, Steel C235 ($R_y = 229$ MPa). The test farm is set horizontally on the floor with the power does not shift the poles – S1. In order to avoid bending at the touch of truss with supporting girders have been installed rollers to support, as shown in Fig. 3. For maintenance of work in a plane truss is additionally is fixed between the supporting rigel, which in Fig. 2a shows the installation of the plane elastically supports the farm. Creation of load, i. e. external impacts on farm implemented as control elements, which further allows to create bias, i. e. errors in the cells. Load was applied to the rods in steps of 1 mm in a single series. Due to the fact that the test system is made on the accuracy class 1 according to [18], for the manufacture of such precision elements and a small amount deviation in the closing link of the system is 0.1...0.2 mm, according to calculation methods [2].

Therefore to establish the effect of deviations of the lengths of rods, i. e. assembly errors on the parameters of the stress-strain state of the system it necessary force the construction of the deviation. In this regard, the individual rods are made with the clutch (control element) – rods R2, P2, R2.1...R2.3 (Fig. 4). To measure the deformations that are caused by abnormalities in the control rods used in the tests of resistance wire strain gauges with a base of 20 mm on paper (grade PCB with electrical resistance $R = 201...203$ ohms). For the stickers on the design of load cells used glue «Cyjanopan Chemistik». Selection of sensors with

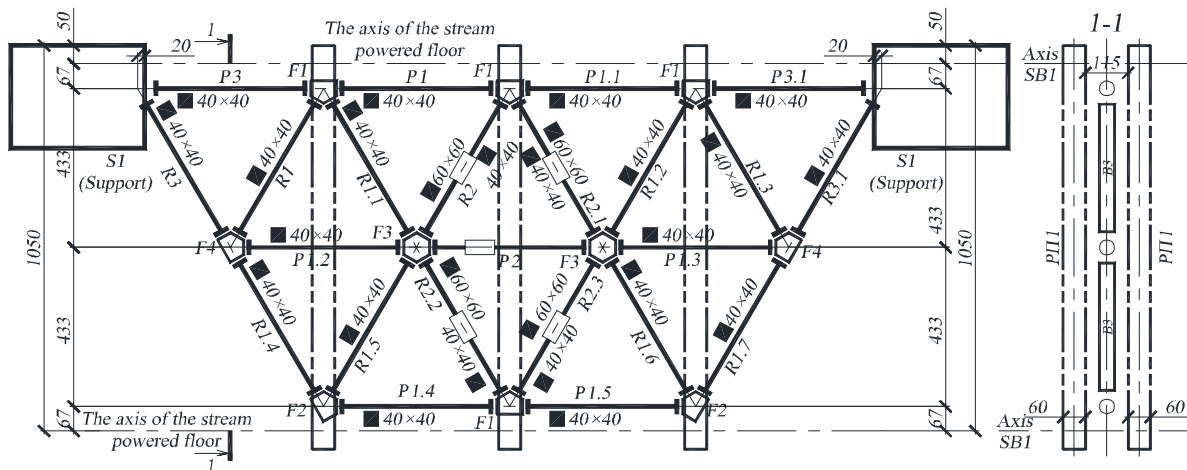


Figure 1. Mounting scheme of experimental truss.

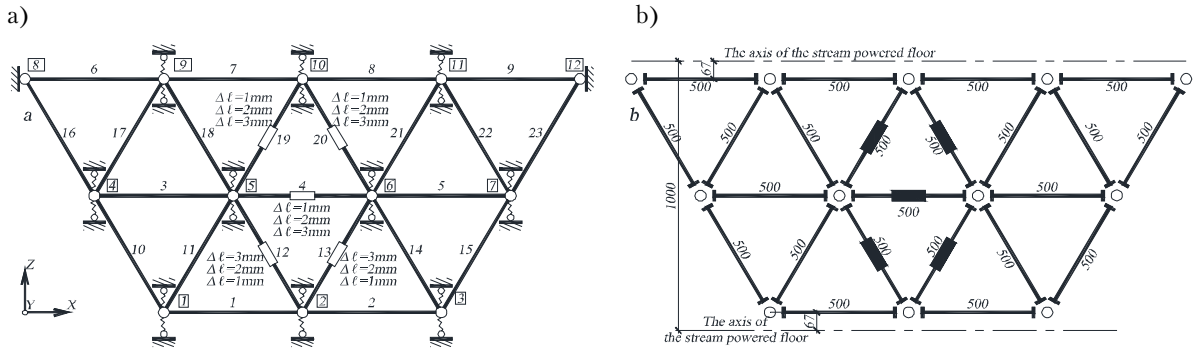


Figure 2. The scheme of truss: a – estimated, b – geometrical.

a base of 20 mm due to the study of stress and strain in rods with a width of 40 mm edge. The scheme soldering rods strain gauges on the farm is shown in Fig. 4.

Specified location sensors necessary for complete information about the stress-strain state, namely the longitudinal forces. To check prices and Gage sensors division was made of the test calibration on the reference cantilever beam. The average value of the smallest sensors glued on the glue «Cyjanopan Chemistik», was $C = 0.315 \text{ MPa} = 3.15 \text{ kgf/cm}^2$, with a coefficient of variation of the standard deviation of 3.32 %.

Reading the resistance strain gauges will be produced using a strain gauge measuring systems – SGMS-2. Using a system channel measurement 1 000, as the total number of sensors on the farm was 82 units. Readout of load cells in the process of uploading the design is carried out at the face of SGMS-2 followed by manual input from the keyboard in a program complex «Microsoft Excel», realized in the environment of Microsoft Windows. Based on the load cell readings loadings as a result of treatment in the «Microsoft Excel» necessary to plot the theoretical and experimental effort in assembling the elements of the farm. Fig. 5 shows a diagram of the farm management system. The load was applied to the farm in steps of 1 mm. The whole process can be divided into experimental studies by 115 steps. Fig. 6 shows the stages of the program (methods) tests. The sequence for testing the step (S) at each step is shown in Fig. 7 and Fig. 8. At each stage of the boot – lengthened or unloaded – shortened rod coupling. The direction and amount of deflection elements provident deviations as shown in Fig. 7 and Fig. 8, for each step of the experimental

studies. Then, all steps are repeated three times. In this case, each rod 48 is received values that will perform statistical processing and analysis of the experimental data, i. e. to get the mean, standard deviation, error limits, i. e. dispersion.

However, due to collapsible nature of all components of the stand, you may receive multiple structurally and geometrically non-linear factors (black holes in bolted joints, the eccentricities of holes in luminaire and rods, etc.) the estimated amount of force in the element may have a high error-scatter. Because assembly effort will be determined for each load step. This survey will be made of load cells and in accordance with the results obtained will be determined probability estimates of the longitudinal force for each element. To create the assembly deviation and therefore the efforts you plan to use spanner number 60.

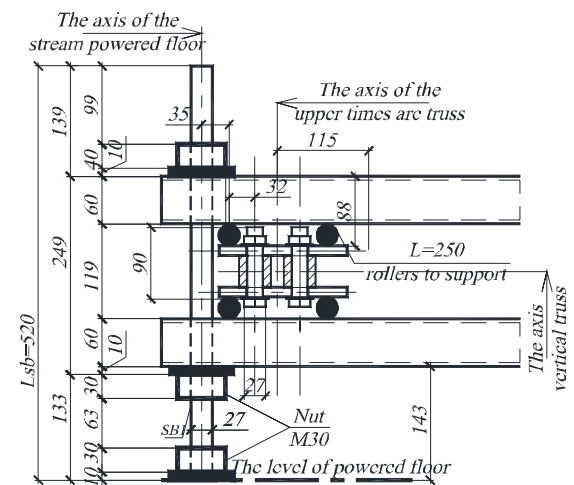


Figure 3. The scheme of installation rollers to support.

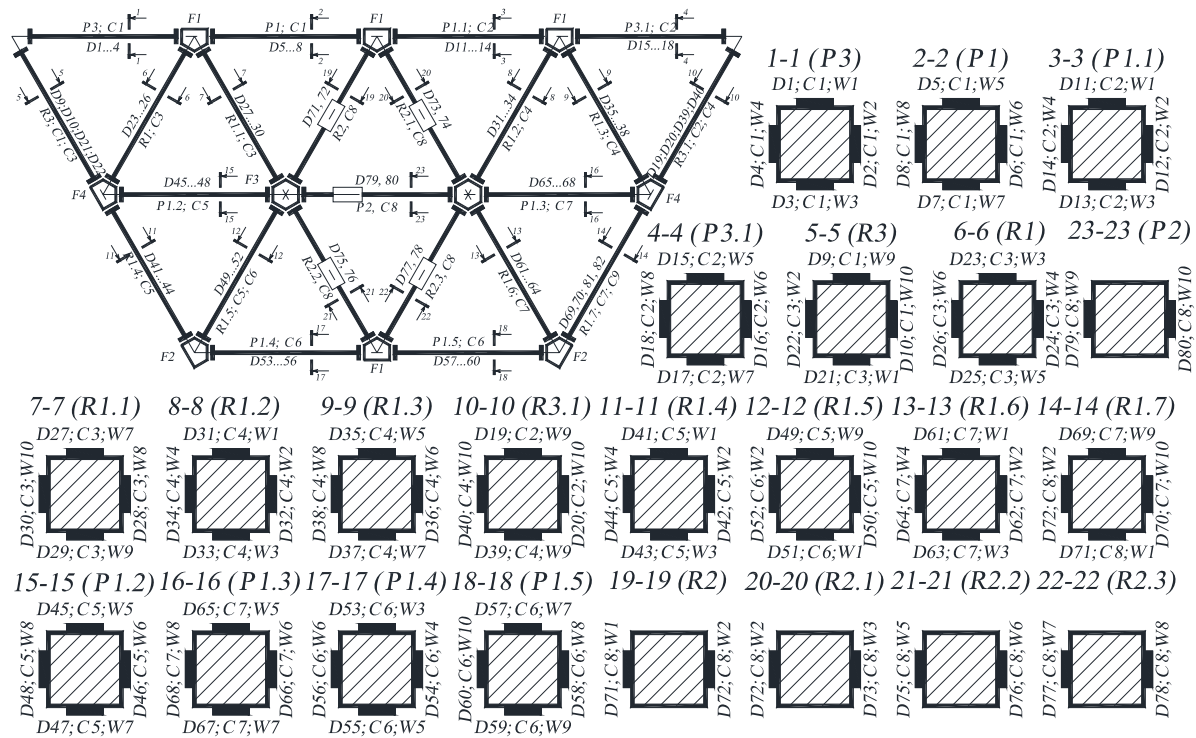


Figure 4. The scheme desoldering of rods strain gauges on truss.

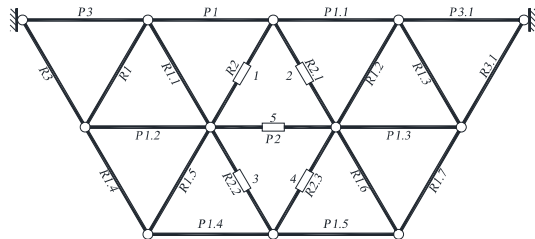


Figure 5. Scheme truss management system.

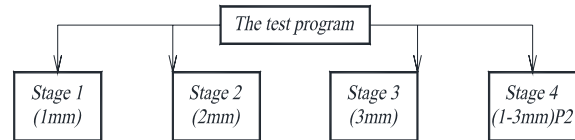


Figure 6. Scheme stages of testing program.

The calculated values of the theoretical assembly modeled the influence of temperature variations in the Computational Complex SCAD (CC SCAD). Methods of modeling efforts in assembling the core system is described in [2]. Results of experimental and theoretical studies of assembly errors will be presented in a subsequent paper.

Conclusion

The developed method of experimental studies and experimental studies themselves are necessary 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 analysis of changes in the values of assembly effort to the extent that the errors of schemes and loadings of rods with disabilities;
- comparing 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, 4].

The presented method allows to determine the experimental studies of assembly efforts not only in the flat hinge-rod system, but also in the spatial span. The general form of designed objects can be varied – cylindrical, spherical, elliptical, toroidal, conical, etc.

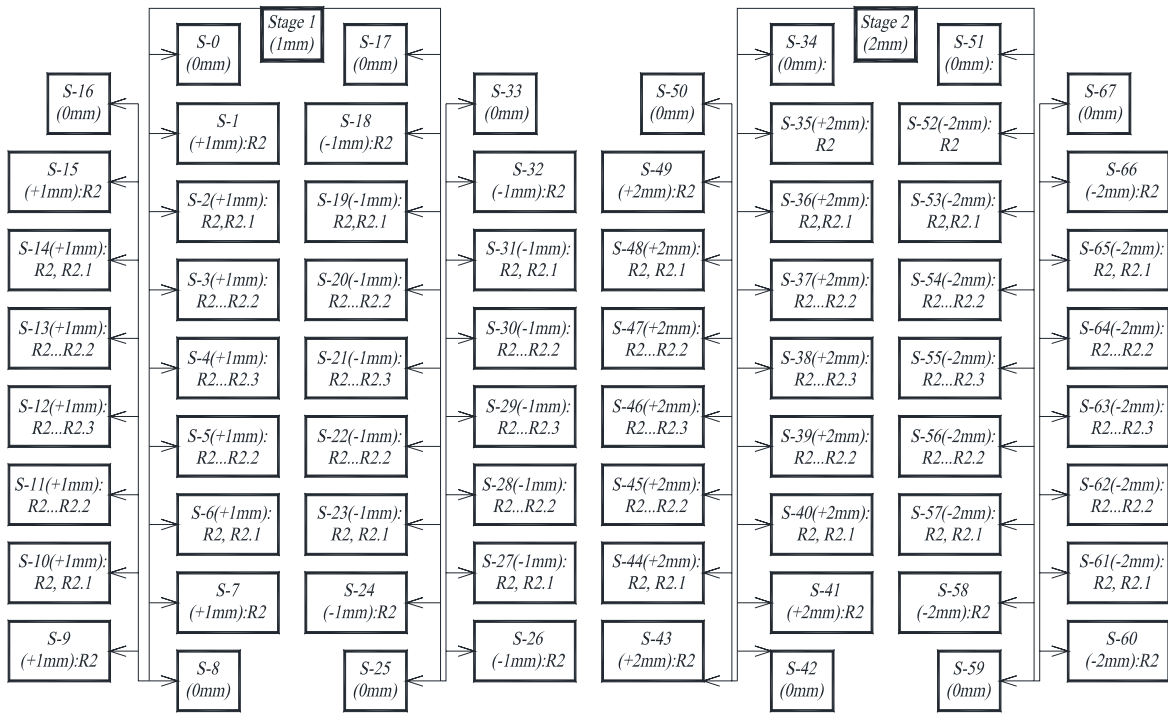


Figure 7. The scheme of the experimental trials in stage 1 and 2.

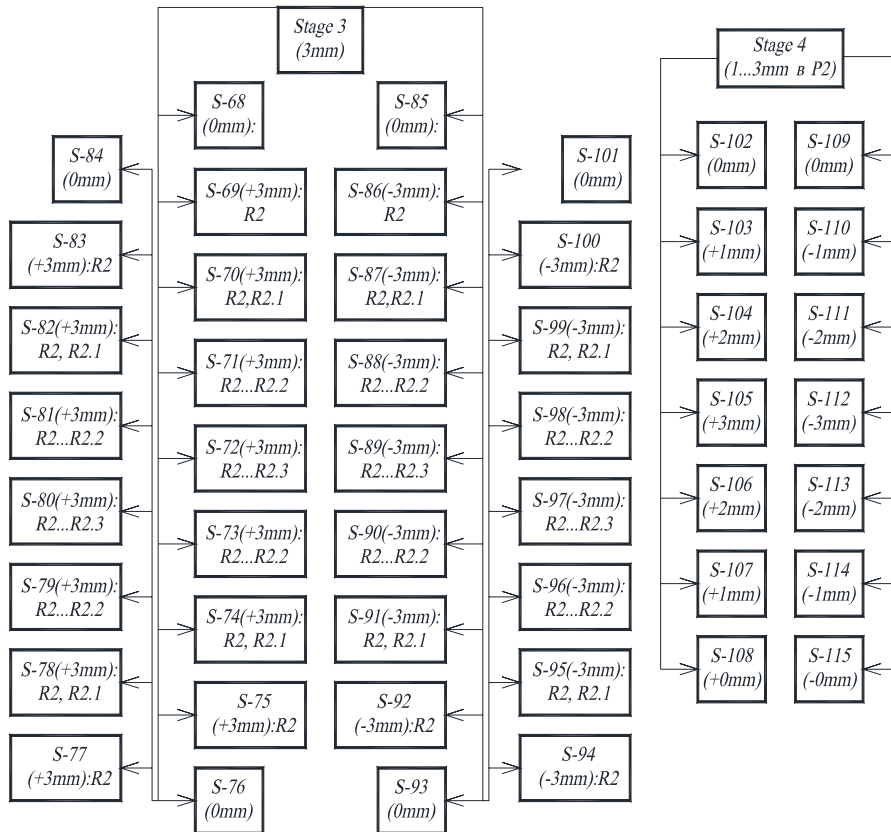


Figure 8. Scheme of the experimental tests at the stage 3 and 4.

References

1. ДБН 362-92. Оценка технического состояния стальных конструкций производственных зданий и сооружений находящихся в эксплуатации [Text]. – Введ. 1992-07-01. – К.: Укрархстройинформ, 1995. – 46 с.
2. Югов, А. М. Методика определения сборочных усилий в большепролётной пространственной стержневой системе [Text] / А. М. Югов, А. Б. Бондарев // *Металлические конструкции*. – 2013. – Том 19, № 3. – С. 137–142.
3. 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.
4. А. с. 47952 Украина. Компьютерная программа «Вычислительный комплекс "Размерный анализ стержневых конструкций"» («ВК РАСК») [Text] / А. Б. Бондарев, А. М. Югов (Украина). – № 48382 ; заявл. 20.12.2012 ; опублик. 20.02.2013, Бюл. № 1. – 2 с.
5. 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.
6. 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.
7. Моисеев, М. В. Начальные усилия и собираемость стальных структурных конструкций при случайных отклонениях длин стержней [Text] : дис. ... кандидата технических наук / М. В. Моисеев. – Казань, 2004. – 164 с.
8. 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.
9. Третьякова, Э. В. Исследование металлических стержневых плит и оболочек [Text] : автореферат диссертации ... кандидата технических наук / Э. В. Третьякова. – М.: ЦНИИЭП ТБЗиТК, 1971. – 21 с.
10. 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.

References

1. DBN 362-92. Technical evaluation of structural steel buildings and facilities are in operation. Kyiv: Ukrarkhstroinform, 1995. 46 p. (in Russian)
2. Yugov, A. M.; Bondarev, A. B. Methods of determining the assembly effort to span the space bar system. In: *Metal construction*, 2013, Volume 19, Number 3, p. 137–142. (in Russian)
3. Yugov, A. M.; Bondarev, A. B. Numerical study of possible statistical errors erection of cylindrical simple layer metal shell covering. In: *Proceedings of the scientific-practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor E. Belenya «Calculation and design of steel structures.» March 25, 2013, Moscow / Ed. A. R. Tusnin. Moscow: MSUCE, 2013, p. 247–251.*
4. Certificate on registration of copyright in a computer program number 47952 Ukraine. Computer program «Computational Complex "Dimensional analysis of rod structures"» («CC DASC») / A. B. Bondarev, A. M. Yugov (Ukraine). № 48382 ; declaration 20.12.2012 ; published 20.02.2013, Bul. № 1. 2 p. (in Russian)
5. Abusamra Attalman, Yu. A. Effect of initial imperfections structures of two-mesh domes on their carrying capacity: Dissertation of the candidate of technical sciences. Rostov-on-Don, 2006. 148 p. (in Russian)
6. Kolesnikov, G. N. 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)
7. 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, 2004. 164 p. (in Russian)
8. 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: CSRDIRPB, 1981. 164 p. (in Russian)
9. Tretyakova, E. V. The study of metal rod plates and shells: Ph.D. authors abstract in Engineering Science. Moscow: CRIBC for V. A. Kucherenko, 1971. 21 p. (in Russian)
10. 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, Number 7, p. 24–26. (in Russian)
11. Konin, D. V. The stress-strain state of the columns of high-rise buildings with metal frames with the uncertainties of installation: Ph.D. authors abstract in Engineering Science. Moscow: CRIBC for V. A. Kucherenko, 2011. 24 p. (in Russian)
12. Buyakas, V. I. Statically determinate controlled structures and their applications in technical problems of space astronomy: Dissertation of the

11. Конин, Д. В. Напряжённо-деформированное состояние колонн высотных зданий с металлическим каркасом с учётом неточностей монтажа [Text] : автореферат дис. ... кандидата технических наук / Д. В. Конин. – М. : ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 2011. – 24 с.
12. Буякас, В. И. Статически определяемые регулируемые структуры и их приложения в технических задачах космической астрономии [Text] : дис. ... доктора технических наук / В. И. Буякас. – М. : ФИАН, 2004. – 190 с.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. Kim, H. M. On-orbit modal identification of large space structures [Text] / H. M. Kim, H. H. Doiron // Sound and Vibration. – 1992. – Vol. 26, № 6. – P. 24–30.
17. 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.
18. ГОСТ 21779-82. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски [Text]. – Взамен ГОСТ 21779-76 ; введ. 1983-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1983. – 14 с.
- doctor of technical sciences. Moscow: PRIA, 2004. 190 p. (in Russian)
13. Bruno, Robin J. Identification of nonlinear joints in a truss structure. In: *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.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. Preumont, A. Vibration control of active structures an introduction. 2-nd Edition. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic Publishers, 2004. 385 p.
18. GOST 21779-82. System of ensuring of geometrical parameters accuracy in construction. Manufacturing and assembling tolerances. Moscow: Publisher standards, 1983. 14 p. (in Russian)

Василев Володимир Миколайович – кандидат технічних наук, доцент; професор кафедри металевих конструкцій, начальник лабораторії випробування будівельних конструкцій та споруд 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.

Васылев Владимир Николаевич – кандидат технических наук, доцент; профессор кафедры металлических конструкций, начальник лаборатории испытания строительных конструкций и сооружений 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 кафедры 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.

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

Andrey Myronov – PhD (Eng.), Associate Professor, Metal Structures Department, 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.

Anatoliy Yugov – Doctor of engineering sciences, 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 dismantled of building metal constructions, technology and organization of works, white building and reconstruction of buildings and structures.

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