

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ / CONSTRUCTION MATERIALS**

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2020.20.3>

**АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И  
РАЗРАБОТКА ШАРНИРНОГО УЗЛА**

Научная статья

**Царитова Н.Г.<sup>1\*</sup>, Лагутина Д.Р.<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»,  
г.Новочеркасск, Россия

\* Корреспондирующий автор (ncaritova@yandex.ru)

**Аннотация**

В статье рассматриваются различные виды узловых соединений пространственных стержневых конструкций, разработкой которых занимались зарубежные и отечественные ученые. Полагаясь на ряд проведенных исследований, авторами были изложены недостатки и достоинства таких сопряжений. В результате рассмотренных вариантов разработан шарнирный узел пространственной стержневой конструкции, имеющий регулярную структуру. К преимуществам данного соединения можно отнести возможность вращения сферических наконечников стержней, что дает возможность изменять положение самих стержней и устанавливать между ними нужный угол. Это изобретение позволяет повысить надежность конструкции и увеличить скорость сборки сооружения.

**Ключевые слова:** узловое соединение, пространственные конструкции, коннектор.

**ANALYSIS OF EXISTING NODAL JOINTS OF SPATIAL STRUCTURES AND DEVELOPMENT OF A HINGED  
NODE**

Research article

**Tsaritova N.G.<sup>1</sup>, Lagutina D.R.<sup>2\*</sup>**

<sup>1,2</sup> Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia

\* Corresponding author (ncaritova@yandex.ru)

**Annotation:**

The article discusses various types of nodal joints of spatial pivotal structures, the development of which was carried out by foreign and domestic scientists. Relying on a number of studies, the authors have outlined the advantages and disadvantages of such conjugations. As a result of the considered variants, a hinge joint of a spatial pivotal structure with a regular structure has been developed. The advantages of this connection include the ability to rotate the spherical tips of the rods, which makes it possible to change the position of the rods themselves and set the desired angle between them. This invention improves the reliability of the structure and increases the assembly speed of the structure.

**Keywords:** nodal joints, spatial structures, connector.

**Введение**

Пространственные конструкции имеют ряд преимуществ, таких как: перекрытие большепролетных зданий и сооружений, свободная планировка, легкие ограждающие конструкции из-за частой сетки узлов, возможность высокой унификации элементов сборки, разнообразие формообразования, архитектурная выразительность и возможность применения для зданий различного назначения [1,2,3]. С развитием пространственных конструкций стало развиваться и проектирование узловых соединений. В настоящее время известно большое количество соединений, которые разработали отечественные и иностранные ученые. Работа над созданием узлового соединения пространственных стержневых конструкций с идеальным отношением цены и надежности продолжают в настоящее время.

**Виды узловых соединений**

В.И. Кудишиным и В.И. Трофимовым разработано узловое соединение пространственной конструкции (рис. 1), которое состоит из стержней с наконечниками, размещенные между шайбами, которые по всей их высоте выполнены с выступами и соответствующими им пазами, закрепленные на центральном элементе, сквозь который пропущен стяжной болт [4].

Недостатком данного узла является трудоемкость изготовления при использовании в стержневых пространственных конструкциях, выполненных из профилей нетрубчатого сечения.

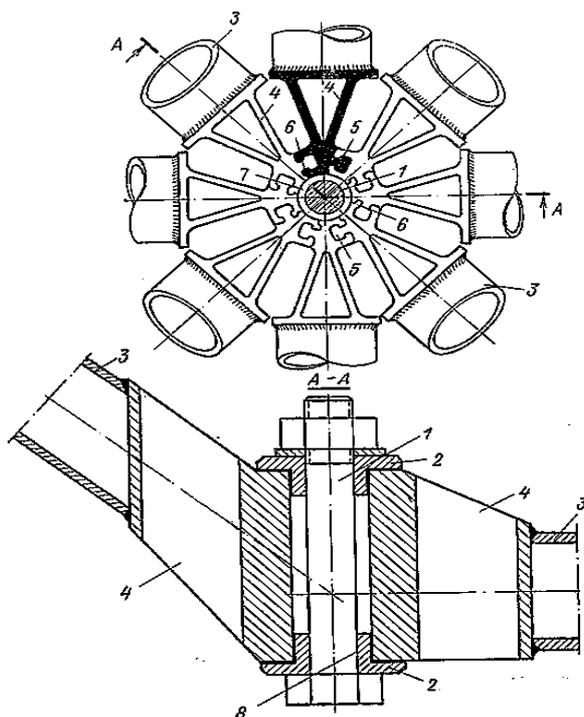


Рис. 1 – Узловое соединение пространственной конструкции, разработанное В.И. Кудишиным и В.И. Трофимовым: 1 - стяжной болт; 2 - шайбы; 3 - стержни; 4 - наконечники; 5 - Т-образные выступы; 6 - пазы, соответствующие выступам; 7 - цилиндрическая полость вокруг болта; 8 - заплечики шайб

Разработанный Штэггером узел соединения стержней пространственного каркаса (рис. 2), состоит из периферийные диски, между которыми закреплена центральная деталь с расположенными вдоль ее продольной оси цилиндрическими пазами, имеющими скосы на выходе, в которых размещены концы стержней с утолщениями, имеющими форму, соответствующую форме пазов [5].

Недостатками данного узлового соединения является большой расход материалов и сложность изготовления.

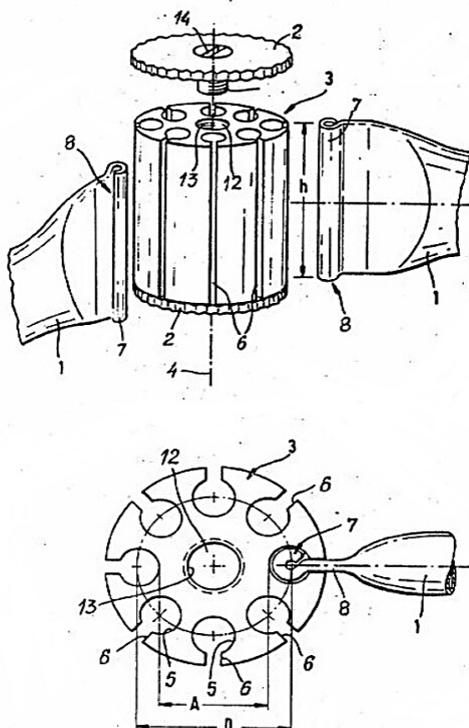


Рис. 2 – Узел соединения двух стержней, разработанный Штэггером: 1 - узел соединения стержней; 2 - периферийные диски; 3 - центральная деталь; 4 - продольная ось центральной детали; 5 - цилиндрические пазы; 6 - скосы на выходе; 7 - утолщения; 8 - плоские сплюснутые или скатанные концы; 12 - отверстие; 13 - резьба; 14 - углубление для вставки инструмента.

Британской корпорацией был разработан полый сферический узел системы Nodus (рис. 3). Узел состоит из двух половинных фасонек крестообразной формы, соединяющихся с помощью одного высокопрочного фрикционного болта, гайки и шайбы [6].

Недостатком системы является трудоемкость изготовления сложных по форме деталей.

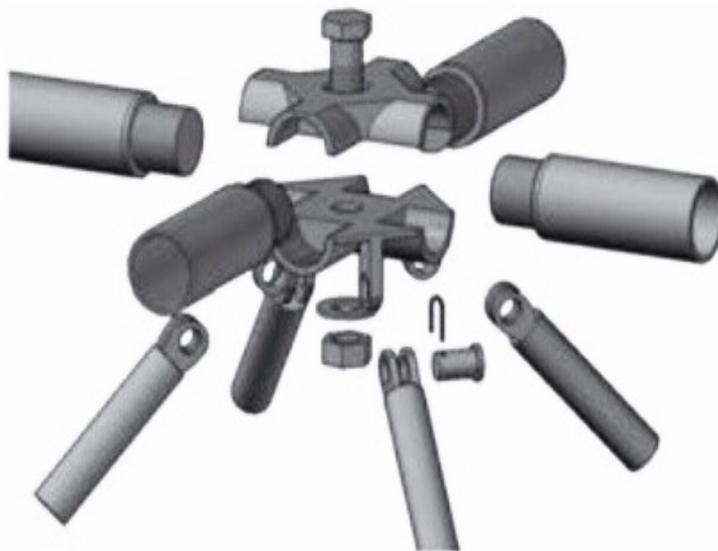


Рис. 3 – Коннектор системы Nodus.

Одной из самых популярны систем с осеболтовым соединением является система Мего (рис. 3), она считается одной из самых доступных для создания пространственных решетчатых конструкций. Круглые трубчатые элементы соединяются в узлах с литыми «шарами» с помощью одного скрытого болта для каждой трубки. Эта концепция была разработана на основе исследований природных структур, проведенных в 1930-х годах создателем системы доктором Максом Менгерингхаузенем. Его исследование тонких, но крепких природных структур, таких как стебли пшеницы и стебли бамбука, показало, как они черпают свою прочность благодаря использованию трубчатых поперечных сечений [6].

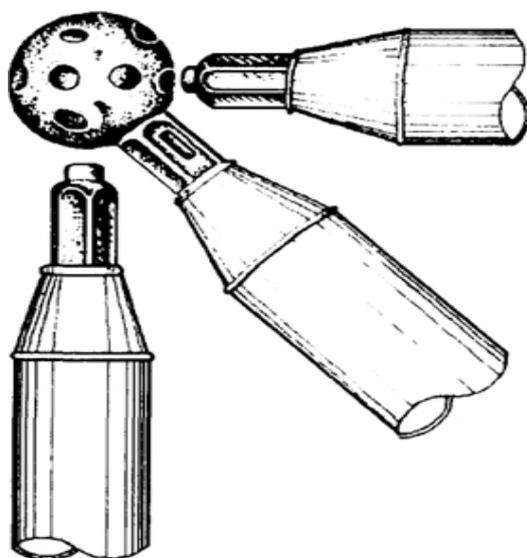


Рис. 4 – Узловое соединение «Мего».

#### Основные результаты

В «Южно-Российском государственном политехническом университете (НПИ) имени М.И. Платова», запатентован шарнирный узел пространственной стержневой конструкции регулярной структуры (рис. 5). Узел состоит из прижимных верхних и нижних дисков, центрального и фиксирующих болтов, стержней со сферическими головками, втулок между дисками [7].

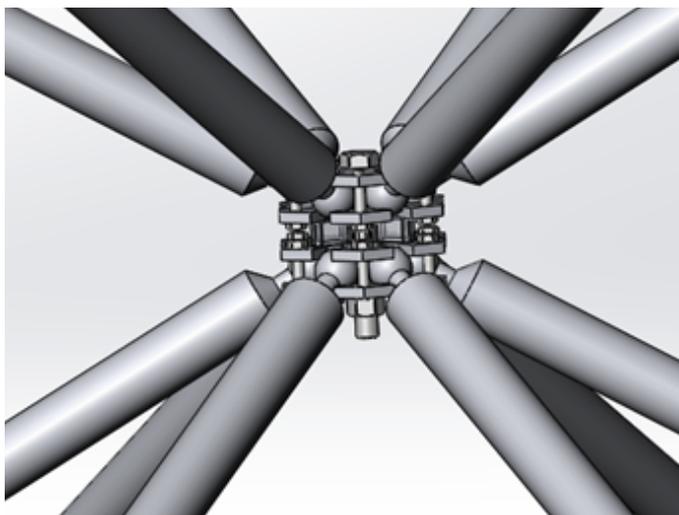


Рис. 5 – Шарнирный узел

Главными преимуществами узла, является, снижение сроков возведения стержневой конструкции, уменьшение трудозатрат, повышение несущей способности, возможность использования в трансформируемых покрытиях. Узел используется как для однослойных конструкций, так и для многослойных покрытий. Данный узел можно использовать для однослойных пространственных конструкций, тогда в узле используются шесть стержней. Или для двухслойной пространственной конструкции, когда используется двенадцать стержней [8,9].

Примером использования разработанного узла являются пространственные трансформируемые арки [10], как в примере на рисунке 5.

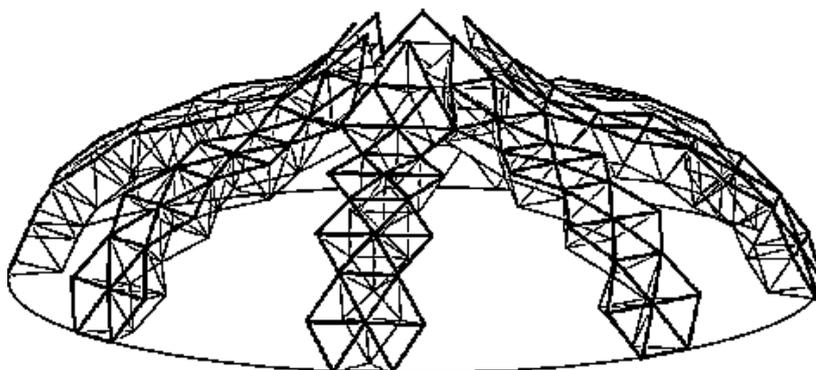


Рис. 5 – Свободная купольная геометрическая форма здания на основе арок серии НПИ

Исследования показывают, что шарнирный узел пространственной стержневой конструкции регулярной структуры могут эффективно применяться в качестве экономически выгодных и легких в монтаже при использовании в трансформируемых конструкциях.

#### Список литературы / References

1. Ю.И. Кудишин. Металлические конструкции. Учебник для вузов/ - М.: Академия, 2007.
2. Рекомендации по проектированию структурных конструкций / ЦНИИСК им. Кучеренко. М.: Стройиздат, 1984.
3. Кривошапко С.Н., Галишников В.В. Архитектурно-строительные конструкции. М.: «ЮРАЙТ», 2015.
4. Пат. 497390 СССР. Узловое соединение пространственной стержневой конструкции / В.И. Кудишин, В.И. Трофимов.
5. Пат. 1794151 СССР. Узел соединения стержней пространственного каркаса / Йоханес Эрнст Отто Штэггер.
6. Ramaswamy G.S., Eekhout M., Suresh G.R. Steel Space Frames, Analysis, Design and Construction. London, Thomas Telford Publishing, 2002
7. Шарнирный узел пространственной стержневой конструкции регулярной структуры: пат. 2586351 РФ: МПКЕ4В 1/58/Н.Г. Царитова, Н.А. Бузало
8. Бузало Н. А., Алексеев С. А., Царитова Н. Г. Численное исследование шарнирного узла пространственной стержневой конструкции.[Электронный ресурс]. Наукоедение: интернет журнал.-2014.-Вып. 2(21).-URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/67TVN214.pdf>

9. Бузало Н. А., Алексеев С. А., Царитова Н. Г. Конструктивные решения узлов пространственных покрытий быстровозводимых зданий и сооружений. Строительство и техногенная безопасность : сб. науч. тр. Акад. строит. иarchit. ФГАОУ "Крым. федер. ун-т им. В.И. Вернадского". - 2016. - № 4 (56) : Безопасность среды жизнедеятельности : материалы 3 крым. Междунар. науч.-практ. конф., Республика Крым, 26-30 сент. 2016 г., г. Симферополь - г. Судак. - С. 59-62

10. Тумасов А. А., Царитова Н. Г., Курбанов А. И., Калинина А. А. Геометрические параметры стержневых трансформируемых арочных систем. Строительство и архитектура. -2107. – Т.5. – №2(15). – С. 135-140.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Metallicheskie konstrukcii: uchebnik dlya vuzov / pod red. YU.I. Kudishina. - M.: Akademiya, 2007.
  2. Rekomendacii po proektirovaniyu strukturnyh konstrukcij / CNIISK im. Kucherenko. M.: Strojizdat, 1984.
  3. Krivoshapko S.N., Galishnikova V.V. Arhitekturno-stroitel'nye konstrukcii. M.: «YURAJT», 2015.
  4. Pat. 497390 SSSR. Uzlovoe soedinenie prostranstvennoj sterzhnevoj konstrukcii/ V.I. Kudishin, V.I. Trofimov.
  5. Pat. 1794151 SSSR. Uzel soedineniya sterzhnej prostranstvennogo karkasa / Johanes Ernst Otto SHteger.
  6. Ramaswamy G.S., Eekhout M., Suresh G.R. Steel Space Frames, Analysis, Design and Construction. London, Thomas Telford Publishing, 2002
  7. The hinged unit of the spatial core structure of a regular structure:Pat. 2586351 Rus. Federation: IPC EV 1/58 / N.G. Tsaritova, N.A. Buzalo;
  8. N.A. Buzalo, S.A. Alekseev., N.G. Tsaritova. Numerical study of three-dimensional bar swivel design // Internet magazine «Naukovedenie», 2014 №2 (21) [electronic resource]-M.: Naukovedenie, 2014: <http://naukovedenie.ru/?p=issue-2-14.pdf>.
  9. Buzalo N.A., Alekseev S.A., Tsaritova N.G. The engineering of nodes of spatial rod constructions of prefabricated buildings and structures. Construction and technogenic safety : collection of scientific works. Tr. Acad. builds. and archit. FGAOU "Crimea. fader. Vernadsky state University". - 2016. - № 4 (56) : Safety of the environment: materials 3 Crimea. International. scientific-practical Conf., Republic of Crimea, 26-30 Sept. 2016, Simferopol-Sudak, Pp. 59-62
  10. Tumasov A., Tsaritova N., Kurbanov A., Kalinina A. Geometric parameters of rod transformable arch systems. Construction and architecture. -2107. - Т. 5. – №2(15). – Pp. 135-140
- 
-