



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

**МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ**  
**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ**  
**METAL CONSTRUCTIONS**

2016, ТОМ 22, НОМЕР 1, 23–30

УДК 624.074.2

(16)-0340-1

## **РАЦІОНАЛЬНІ КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ КУПОЛА ДІАМЕТРОМ 15 М**

**О. В. Голиков<sup>а</sup>, Г. О. Желібовська<sup>б</sup>**

<sup>а</sup> *Волгоградський державний архітектурно-будівельний університет,  
1, вул. Академічна, м. Волгоград, Росія, 400074.*

<sup>б</sup> *ОБУ «Курськцивілпроект»,  
96/1, вул. Димітрова, м. Курськ, Росія, 305004.*

*E-mail: <sup>а</sup> alexandr\_golikov@mail.ru, <sup>б</sup> your.lutik@gmail.com*

*Отримана 16 грудня 2015; прийнята 22 січня 2016.*

**Анотація.** На підставі критичного аналізу досвіду проектування та будівництва куполів визначено найбільш поширені конструктивні рішення несучих конструкцій куполів. Виконано розрахунок куполів та аналіз напружено-деформованого стану з застосуванням двох розрахункових комплексів SCAD і Robot. Наведено результати порівняльного аналізу конструктивних схем куполів за критерієм металомісткості. Визначена трудомісткість монтажу купольних конструкцій. Наведено результати вартості будівництва з урахуванням металомісткості та трудомісткості купольних конструкцій. За результатами проведених досліджень визначена раціональна конструктивна форма купола діаметром 15 м за критеріями витрат металу і трудомісткості виготовлення і монтажу. Отримані залежності трудомісткості монтажу купола для різних рішень несучих конструкцій.

**Ключові слова:** конструктивні рішення, купол, схема, напружено-деформований стан, порівняльний розрахунок, раціональна форма, металомісткість, розрахунковий комплекс.

## **РАЦИОНАЛЬНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ КУПОЛА ДИАМЕТРОМ 15 М**

**А. В. Голиков<sup>а</sup>, А. О. Желибовская<sup>б</sup>**

<sup>а</sup> *Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет,  
1, ул. Академическая, г. Волгоград, Россия, 400074.*

<sup>б</sup> *ОБУ «Курскгражданпроект»,  
96/1, ул. Димитрова, г. Курск, Россия, 305004.*

*E-mail: <sup>а</sup> alexandr\_golikov@mail.ru, <sup>б</sup> your.lutik@gmail.com*

*Получена 16 декабря 2015; принята 22 января 2016.*

**Аннотация.** На основании критического анализа опыта проектирования и строительства куполов определены наиболее распространённые конструктивные решения несущих конструкций куполов. Выполнен расчет куполов и анализ напряженно-деформированного состояния несущих конструкций с применением двух расчетных комплексов SCAD и Robot. Приведены результаты сравнительного анализа конструктивных схем куполов по металлоемкости. Определена трудоемкость монтажа купольных конструкций. Приведены результаты стоимости строительства с учетом металлоемкости и трудоемкости купольных конструкций. По результатам проведенных исследований определена рациональная конструктивная форма купола диаметром 15 м по критериям затрат металла и трудоемкости изготовления и монтажа. Получены зависимости трудоемкости монтажа купола для различных решений несущих конструкций купола.

**Ключевые слова:** конструктивные решения, купол, схема, напряженно-деформированное состояние, сравнительный расчет, рациональная форма, металлоемкость, расчетный комплекс.

## RATIONAL STRUCTURAL DECISIONS LOAD-BEARING SUPPORTING STRUCTURES DOME DIAMETER 15 M

Alexander Golikov<sup>a</sup>, Anna Zhelibovskaya<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering,  
1, Akademicheskaya Street, Volgograd, Russia, 400074.*

<sup>b</sup> *Kurskgrazhdanproekt,*

*96/1, Dimitrova Street, Kursk, Russia, 305004.*

*E-mail: <sup>a</sup> alexandr\_golikov@mail.ru, <sup>b</sup> your.lutik@gmail.com*

*Received 16 December 2015; accepted 22 January 2016.*

**Abstract.** Based on a critical analysis of the experience of the design and construction of domes, the most common designs bearing dome structures have been determined. The calculation of the domes and the analysis of the stress and strain state of load-bearing structures, using two calculated complexes SCAD and Robot, has been done. The results of the comparative analysis of structural diagrams of domes on the metal have been given. The complexity of assembling dome structures has been determined. The results of the cost of construction taking into account steel intensity and complexity of the dome structures have been given. Having the results of these studies it has been determined a rational constructive form of a dome with a diameter of 15 m according to the criteria of the cost of the metal and complexity of manufacturing and installation. The dependences of the complexity of the installation of the dome for different solutions of bearing structures of the dome have been found out.

**Keywords:** structural decisions, dome, design, stress and strain state, comparative calculation, rational form, metal consumption, calculated complexes.

### Введение

Развитие современного строительства возможно только на основе экономически эффективных, надежных, технологичных конструкций с применением прогрессивных направлений проектирования и строительства, обеспечивающих универсальность планировки и многофункциональность помещений, располагаемых в здании.

Одним из направлений повышения эффективности строительного производства является широкое применение легких пространственных конструкций, в том числе сетчатых оболочек и куполов. Особое место среди представленных пространственных конструкций занимают купола. Безусловно, эффективность этих конструкций возрастает с увеличением пролета, однако на данном этапе развития строительства все больший интерес проявляется к перекрытию малых пролетов. Преимущества купольных конструкций для небольших площадей: необычный внешний вид, свободная планировка внутренних помещений из-за отсутствия внутренних опорных стен и колонн, возможность установки в сейсмически неблагоприятных районах, минимальные требования к

фундаменту, относительная дешевизна строительства.

### Анализ исследований и публикаций

В XX веке значительный вклад в развитие купольных конструкций внесли: Ледерер, Маковский, Отто, Райт, Фуллер, М. С. Туполев, М. Е. Липницкий, В. А. Савельев. Расчетом сетчатых конструкций занимался И. В. Молев [15]. Формообразованием, расчетом, проектированием и повышением эффективности В. И. Тур [21].

Аналитическое решение дифференциальных уравнений для большинства практически важных задач установить невозможно, поэтому приближенные численные методы расчета конструкций являются единственно возможным подходом в исследовании и получении приемлемых результатов при решении практически важных задач [7].

Статический расчет металлических куполов всех типов на стадии рабочего проектирования выполняют в настоящее время по пространственным расчетным схемам. Для этой цели используют универсальные программы, такие

как ЛИРА, SCAD, Robot Structural Analysis и др. [17].

**Цель исследования:** поиск рациональной конструктивной формы несущих конструкций купола диаметром 15 м.

### Задачи работы

1. Выполнить сравнительный расчет купола и анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) с применением двух разных расчетных комплексов для следующих конструктивных схем: ребристая система, ребристо-кольцевая и сетчатая.
2. Определить рациональную форму купола по критерию минимальной металлоемкости.
3. Выполнить расчет технико-экономических показателей стоимости строительства различных конструктивных схем купола.
4. На основании выполненных расчетов определить рациональное конструктивное решение несущих конструкций купола.

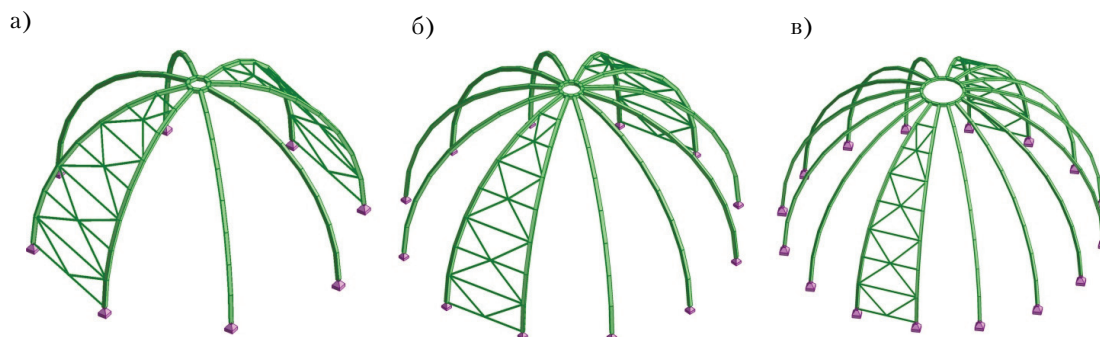
### Основной материал

По конструкции купола могут быть трех типов: ребристые, ребристо-кольцевые, сетчатые [21].

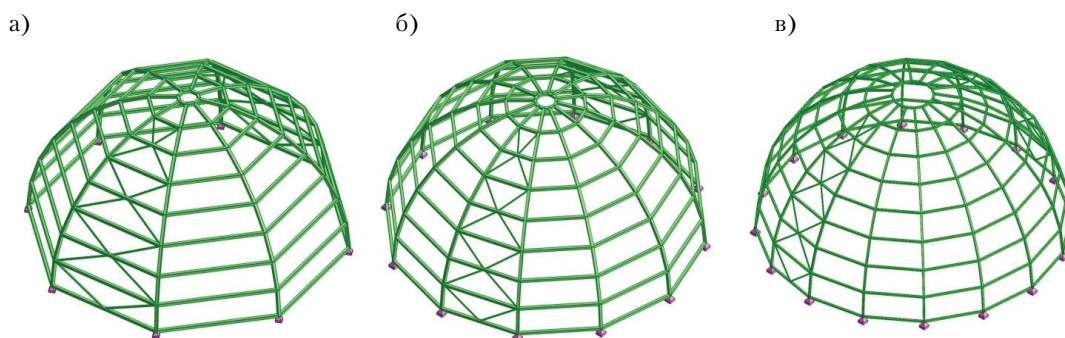
*Ребристые купола.* Ребристый купол представляет собой радиально-арочную систему, в которой главными несущими элементами являются ребра в виде полуарок, соединенные между собой внизу и вверху опорными кольцами. Связи обеспечивают пространственную жесткость несущего каркаса купола. Конструктивные схемы исследуемых ребристых куполов приведены на рис. 1.

*Ребристо-кольцевые купола* являются более рациональной конструктивной схемой. Кольца существенно уменьшают изгибающие моменты в меридиональных ребрах, особенно при осесимметричных нагрузках, обеспечивают большую пространственную жесткость. Конструктивные схемы исследуемых ребристо-кольцевых куполов приведены на рис. 2.

Купольные системы, каркас которых образует пространственную стержневую систему с



**Рисунок 1.** Конструктивные схемы ребристых куполов: а) разбиение 8 ребер; б) разбиение 12 ребер; в) разбиение 16 ребер.



**Рисунок 2.** Конструктивные схемы ребристо-кольцевых куполов: а) разбиение 8 ребер; б) разбиение 12 ребер; в) разбиение 16 ребер.

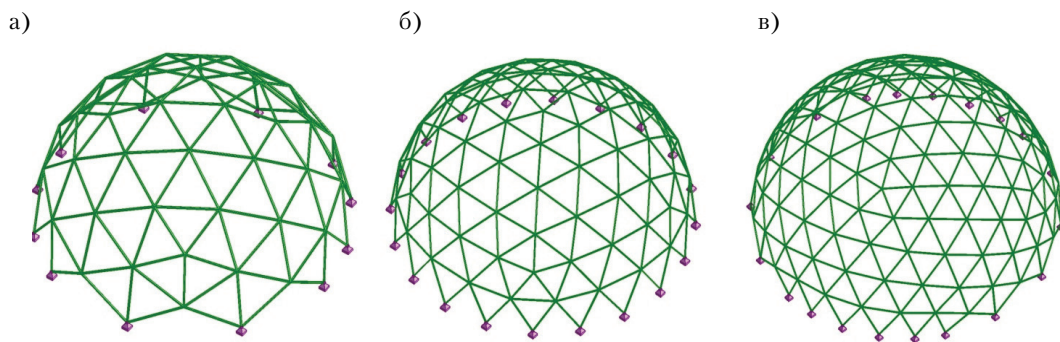
треугольными ячейками, называются *сетчатыми куполами*. Конструктивные схемы сетчатых куполов представлены на рис. 3.

Выполнен сбор нагрузок на купола (постоянная, снеговая и ветровая) и расчет усилий и деформаций в элементах купольных конструкций в двух программных комплексах SCAD и Robot (табл. 1). Сечения элементов конструкций подобраны с учетом требований двух предельных состояний (рис. 4–6).

Анализ усилий полученных в ПК SCAD и Robot показал погрешность от 0–21 %.

Определение технико-экономических показателей дает возможность более объективно оценить рациональную форму купола, с точки зрения экономической эффективности (рис. 7–9).

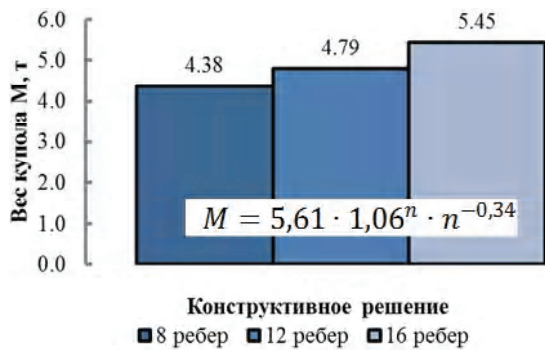
Стоимость строительства купольных конструкций определяется из стоимости металла и трудозатрат на монтаж, полученных в чел.-ч. (табл. 2).



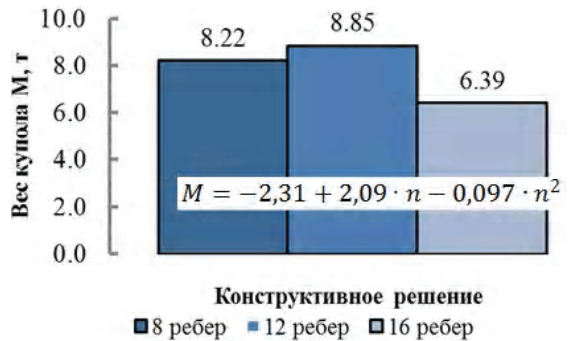
**Рисунок 3.** Конструктивные схемы сетчатых куполов: а) число членения исходной сети 3 ( $l/D = 1/5$ ); б) число членения 4 ( $l/D = 1/6,5$ ); в) число членения 5 ( $l/D = 1/8$ ).

**Таблица 1.** Анализ усилий, полученных в ПК SCAD и Robot

		Robot				SCAD				Погрешность, %			
N п/п	N, кН		M, кН·м		N п/п	N, кН		M, кН·м		N, кН		M, кН·м	
	Нач	Кон	Нач	Кон		Нач	Кон	Нач	Кон	Нач	Кон	Нач	Кон
1	-35,5	-34,3	0,0	-7,0	1	-38,37	-36,92	0,0	-8,4	7,4	6,9	0,0	16,4
2	-34,9	-33,8	-7,0	-9,1	2	-37,59	-36,25	-8,4	-10,8	7,1	6,7	16,4	16,6
3	-33,8	-32,9	-9,1	-7,6	3	-36,31	-35,08	-10,9	-9,4	6,8	6,3	16,7	19,3



**Рисунок 4.** Диаграмма распределения веса конструкций в группе ребристых куполов ( $n$  – количество ребер).



**Рисунок 5.** Диаграмма распределения веса конструкций в группе ребристо-кольцевых куполов ( $n$  – количество ребер).

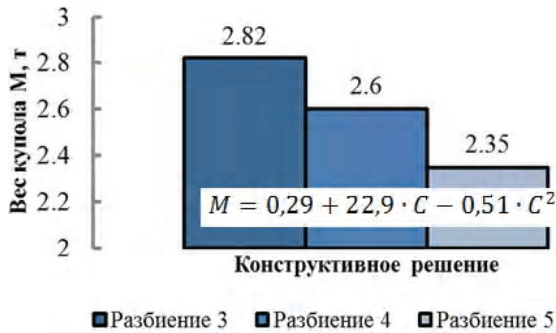


Рисунок 6. Диаграмма распределения веса конструкций в группе сетчатых куполов (где  $C = 1/D$ ).

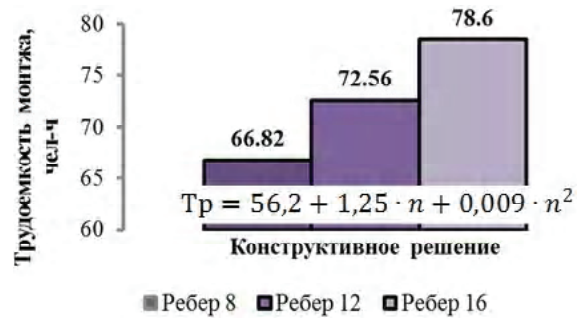


Рисунок 7. Диаграмма трудоемкости ребристых куполов ( $n$  – количество ребер).

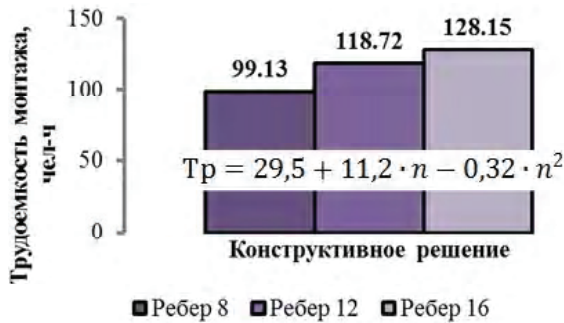


Рисунок 8. Диаграмма трудоемкости ребристо-кольцевых куполов ( $n$  – количество ребер).

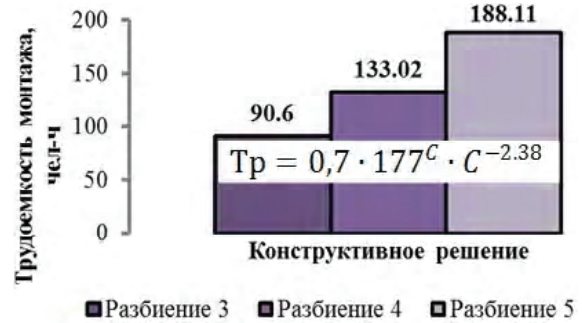


Рисунок 9. Диаграмма трудоемкости сетчатых куполов (где  $C = 1/D$ ).

Таблица 2. Стоимость строительства купола диаметром 15 м в различных конструктивных исполнениях

Конструктивное решение купола	Вес, т	Принятая трудоемкость (110 %), чел.-ч.	Заработная плата, грн.	Стоим. метал., грн.	Стоим. констр., тыс. грн.
Ребристый купол					
8 ребристый	4,38	73,50	1 691	43 800	<b>45,49</b>
12 ребристый	4,79	79,82	1 836	47 900	49,74
16 ребристый	5,45	86,46	1 989	54 500	56,49
Ребристо-кольцевой купол					
8 ребристо-кольцевой	8,22	109,04	2 508	82 200	84,71
12 ребристо-кольцевой	8,85	130,59	3 004	88 500	91,50
16 ребристо-кольцевой	6,39	140,97	3 242	63 900	<b>67,14</b>
Сетчатый купол					
Сетчатый разбиение 3	2,82	99,66	2 292	28 200	30,49
Сетчатый разбиение 4	2,60	146,32	3 365	26 000	29,37
Сетчатый разбиение 5	2,35	206,92	4 759	23 500	<b>28,26</b>

**Выводы**

1. Выполнен расчет купола и анализ НДС несущих конструкций с применением двух

расчетных комплексов ПК SCAD и ПК Robot. Разность в усилиях варьируется в диапазоне 0–21 %.



2. Выполнен сравнительный анализ конструктивных схем купола: наименее металлоемким в исследуемых трех группах куполов является купол с числом членения исходной сети 5, весом 2,35 т.
3. В результате расчета технико-экономических показателей определена трудоемкость монтажа каждой конструкции (чел.-ч): наи-

менее трудоемким в монтаже является ребристый купол с 8 ребрами, 61,17 чел.-ч.

4. Наиболее экономичным куполом диаметром 15 м (с учетом веса металла и технико-экономических показателей), из трех групп исследуемых куполов, является сетчатый купол с числом членения исходной сети 5 ( $l/D = 1/8$ ).

### Литература

1. Гохарь-Хамандарян, И. Г. Большепролетные купольные здания [Текст] / И. Г. Гохарь-Хамандарян. – М.: Стройиздат, 1972. – 150 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст]. – Замість СНиП 2.01.07-85; надано чинності 2007-01-01. – К.: Мінбуд України, 2006. – 61 с. – (Державні будівельні норми).
3. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу [Текст]. – На заміну СНиП II-23-81\* окрім розділів 15\*-19, СНиП III-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.
4. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Прогибы и перемещения. Требования проектирования [Текст]. – Введено впервые; введ. 2007-01-01. – К.: Минстрой Украины, 2006. – 14 с.
5. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4:2010 (EN 1991-1-4:2005, IDT). Єврокод 1. Дії на конструкції [Текст]. Ч. 1-4: Загальні дії. Вітрові навантаження. – На заміну EN 1991-1-4:2005/A1:2010; чинний від 01.07.2013 р. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 161 с.
6. Савельев, В. А. Устойчивость стальных куполов [Текст] / В. А. Савельев // Металлические конструкции: Работы школы профессора Н. С. Стрелецкого / МИСИ им. В. В. Куйбышева, Проект-стальконструкция, ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1966. – С. 325-339.
7. Дьяков, И. Ф. Метод конечных элементов в расчетах стержневых систем [Текст]: учебное пособие / И. Ф. Дьяков. – Ульяновск: УЛГТУ, 2010. – 133 с.
8. ЕНиР. Сборник Е25. Такелажные работы [Текст] / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1988. – 48 с.
9. ЕНиР. Сборник Е5. Монтаж металлических конструкций [Текст]. Выпуск 1. Здания и промышленные сооружения / Госстрой СССР. – М.: Прейскурантиздат, 1987. – 32 с.
10. Сперанский, Б. А. Экспериментальное исследование узлов сетчатого стального купола [Текст] / Б. А. Сперанский, В. И. Тур, Ю. А. Малагон // Расчет и испытание металлических конструкций: Сб. статей / КИСИ. – Казань, 1992. – С. 57-59.

### Литература

1. Gohar-Hamandarian, I. G. Wide-span domed buildings. Moscow: Stroiizdat, 1972. 150 p. (in Russian)
2. DBN V.1.2-2:2006. National Structural Rules and Regulations. The system of reliability and safety provision of constructional projects. Loads and effects. Kyiv: Ministry of Regional Development Ukraine, 2006. 61 p. (in Ukrainian)
3. DBN V.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)
4. DSTU B V.1.2-3:2006. Deflections and displacements. Design rules. Kyiv: Ministry of Regional Development Ukraine, 2006. 14 p. (in Russian)
5. DSTU-N B EN 1991-1-4:2010. Eurocode 1. Actions on structures. Part 1-4. General actions. Wind actions. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2013. 161 p. (in Ukrainian)
6. Savelev, V. A. Rigidity of steel domes. In: *Metal Constructions: Works of the academy of professor N. S. Streletsky*. Moscow: Stroiizdat, 1966, pp. 325-339. (in Russian)
7. Diakov, I. F. Finite-element method in the calculation of bar system: text edition. Ulianovsk: UlSTU, 2010. 133 p. (in Russian)
8. ENiR. Collected volume E5. Rigging work. Moscow: Stroiizdat, 1988. 48 p. (in Russian)
9. ENiR. Collected volume E5. Steel frame installation. The first issue. Buildings and industrial structures. Moscow: Preiskurantizdat, 1987. 32 p. (in Russian)
10. Speranskiy, B. A.; Tur, V. I.; Malagon, Yu. A. Experimental researches of units of netted steel dome. In: *Analysis and test of constructions: Collection of articles / KISI*. Kazan, 1992, pp. 57-59. (in Russian)
11. Lipnitskiy, M. E. Steel domes: analysis and design. Leningrad: Stroiizdat, Leningrad department, 1973. 129 p. (in Russian)
12. Lipnitskiy, M. E. Dome-shaped roof for civil engineering under the conditions of hard climate. Leningrad: Stroiizdat, Leningrad department, 1981. 136 p. (in Russian)
13. Kuznetsov, V. V. (Ed.) Metal Constructions. In three parts. The second part. Steel structures of buildings and constructions. (Reference guide of design engineer). Moscow: ASV, 1998. 512 p. (in Russian)

11. Липницкий, М. Е. Купола: расчет и проектирование [Текст] / М. Е. Липницкий. – Л. : Стройиздат, Ленинградское отделение, 1973. – 129 с.
12. Липницкий, М. Е. Купольные покрытия для строительства в условиях сурового климата [Текст] / М. Е. Липницкий. – Л. : Стройиздат, Ленинградское отделение, 1981. – 136 с.
13. Металлические конструкции [Текст]. В 3 т. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений. (Справочник проектировщика) / Под общ. ред. В. В. Кузнецова. – М. : АСВ, 1998. – 512 с.
14. Металлические конструкции [Текст] : учебник для студ. высш. учеб. заведений / [Ю. И. Кудишин, Е. И. Беленя, В. С. Игнатъев и др.] ; под ред. Ю. И. Кудишина. – 10-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 668 с.
15. Молев, И. В. Сетчатые купола в современной строительной практике [Текст] : Учебное пособие / И. В. Молев. – Горький : издание ГГУ им. Н. И. Лобачевского, 1981. – 64 с.
16. Современные пространственные конструкции (железобетон, металл, дерево, пластмассы) [Текст] : справочник / Под ред. Ю. А. Дыховичного, Э. З. Жуковского. – М. : Высшая школа, 1991. – 542 с.
17. Сухоруков, В. В. Autodesk Robot Structural Analysis Professional. Проектно-вычислительный комплекс [Текст] : Пособие для начинающих / В. В. Сухоруков. – М. : АСВ, 2009. – 128 с.
18. Торкатюк, В. И. Монтаж конструкций большепролетных зданий [Текст] / В. И. Торкатюк. – М. : Стройиздат, 1985. – 170 с.
19. Трофимов, В. И. Легкие металлические конструкции зданий и сооружений [Текст] / В. И. Трофимов, А. М. Каминский. – М. : Наука, 1997. – 591 с.
20. Трущев, А. Г. Пространственные металлические конструкции [Текст] : Учеб. пособие для вузов / А. Г. Трущев. – М. : Стройиздат, 1983. – 215 с.
21. Тур, В. И. Купольные конструкции: формообразование, расчет, конструирование, повышение эффективности [Текст] : Учебное пособие / В. И. Тур. – М. : АСВ, 2004. – 96 с.
22. Kétoff, Serge. Drop City Colorado. Coupoles geodesiques pour l'habitat hippie [Текст] / Serge Kétoff // L'Architecture d'Aujourd'hui. Dezember 1968 – Januar 1969. Nr. 141. S. 82–84.
23. Domes [Текст] / C. J. Kitrick // International journal of space structures. 1990. Vol. 5, No. 3–4. P. 223–246.
24. Fuller, R. B. Geodesic dome [Текст] / R. B. Fuller // Perspecta. 1952. № 1. P. 30–33.
25. Fuller, R. B. The age of the dome [Текст] / R. B. Fuller // Build International. 1969. Vol. 2, № 6. P. 7–15.
26. Kudishin, Yu. I.; Belenia, E. I.; Ignatev, V. S. et al.; Edited by Kudishin, Yu. I. Metal Constructions: Textbook for students of Higher Educational Institutions. Moscow: Publishing Center «Academy», 2007. 668 p. (in Russian)
27. Molev, I. V. Netted steel domes in present-day construction practice: Text edition. Gorky: edition of N. I. Lobachevsky GGU, 1981. 64 p. (in Russian)
28. Dyhovichnyi, Yu. A. (Ed.); Zhukovskiy, E. Z. (Ed.). Present-day space structures (reinforced concrete, wood, plastic materials): Reference guide. Moscow: High School, 1991. 542 p. (in Russian)
29. Suhorukov, V. V. Autodesk Robot Structural Analysis Professional. Design and computer system: easy reading series. Moscow: ASV, 2009. 128 p. (in Russian)
30. Torkatiuk, V. I. Structures erection of wide-span buildings. Moscow: Stroiizdat, 1985. 170 p. (in Russian)
31. Trofimov, V. I.; Kaminskiy, A. M. Light-weight steel structures of buildings and constructions. Moscow: The science, 1997. (in Russian)
32. Trushchev, A. G. Space steel structures: text edition for Higher Educational Institutions. Moscow: Stroiizdat, 1983. 215 p. (in Russian)
33. Tur, V. I. Domed constructions: form making, analysis. Design engineering, efficiency upgrading: Text edition. Moscow: ASV, 2004. 96 p. (in Russian)
34. Kétoff, Serge. Drop City Colorado. Coupoles geodesiques pour l'habitat hippie. In: *L'Architecture d'Aujourd'hui*, Dezember 1968 – Januar 1969, Nr. 141, ss. 82–84.
35. Kitrick, C. J. Domes. In: *International journal of space structures*, 1990, Vol. 5, No. 3–4, pp. 223–246.
36. Fuller, R. B. Geodesic dome. In: *Perspecta*, 1952, No. 1, pp. 30–33.
37. Fuller, R. B. The age of the dome. In: *Build International*, 1969, Vol. 2, No. 6, pp. 7–15.

**Голіков Олександр Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних конструкцій, основ і надійності споруд Волгоградського державного архітектурно-будівельного університету. Наукові інтереси: розрахунок та проектування висотних споруд, оцінка стану існуючих конструкцій.

**Желібовська Ганна Олегівна** – інженер-конструктор ОБУ «Курськцивілпроект». Наукові інтереси: дійсна робота та удосконалення конструктивних форм купольних конструкцій.

**Голиков Александр Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций, оснований и надёжности сооружений Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Научные интересы: расчет и проектирование высотных сооружений, оценка состояния существующих конструкций.

**Желибовская Анна Олеговна** – инженер-конструктор ОБУ «Курскгражданпроект». Научные интересы: действительная работа и совершенствование конструктивных форм купольных конструкций.

**Golikov Alexander** – PhD (Engineering), Associate Professor; Building Construction, Foundation and Reliability of Structures Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Research interests: calculation and designing of high-rise constructions, evaluation of existing structures.

**Zhelibovskaya Anna** – engineer Kurskgrazhdanproekt. Research interests: the actual work and perfection of constructive forms of dome structures.