

Раздел 2. Строительство

УДК 624.014

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КУПОЛА В КОТЕДЖЕ ПРИ ОСВОЕНИИ БАЛАКЛАВСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО МОРЯ

Синцов А.В., Данченко Н.В., Митрофанов С.В., Абдурахманов А.З.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им В.И. Вернадского»,
Институт «Академия строительства и архитектуры»,
295493, Республика Крым, г. Симферополь, улица Киевская, 181,
e-mail: sintsov_a.v@mail.ru, Arlekincool@mail.ru, aziz85@bigmir.net

Аннотация. Актуальными остаются вопросы разработки является определение направления освоения и развития территории в районе Василевой балки в городе Балаклава при наличии существующих на данный момент констант и переменных. Объект развития территории характеризуется уникальными и потенциально высокими потребительскими свойствами при условии его развития в качестве базы отдыха. Здесь необходимо обратить внимание как на факторы, способствующие развитию территории, препятствующие и нейтральные. Большинство отелей г. Балаклава, как самостоятельные единицы, имеют слабо развитую инфраструктуру, низкий уровень клиентского сервиса и устаревший номерной фонд, что сильно снижает их уровень конкурентоспособности и привлекательности для потребителей. Размещение участка базы отдыха «ВАСИЛИИ» в горно-лесистой части г. Балаклава предполагает рациональное освоение участка в виде строительства отдельных комфортабельных коттеджей. Комфортабельные коттеджи в конструктивном плане решены в виде зданий с металлическим каркасом, а второй этаж выполнен в виде сетчатого купола. В основу положено следующее конструктивное решение: 1-й этаж - стоечно-балочная система с размерами в плане 8,8 м на 6,4 м, второй этаж – сетчатый купол диаметром 10,8 метра высотой – 5,4 метра с кольцевым балконом с вылетом 1,5 м. Проведенные исследования позволили получить объемно-планировочное и конструктивное решение здания имеющее эксклюзивный вид и возможность значительного остекления здания, что весьма оригинально и предпочтительно для южных регионов Крымского полуострова.

Предмет исследования: конструктивное решение комфортабельных коттеджей.

Материалы и методы: в качестве исходного материала принято существующее конструктивное решение геодезического купола для большепролетных зданий. Для исследования работы элементов купола в составе каркаса индивидуального коттеджа была создана конечно-элементная модель здания программе «ЛИРА САПР».

Результаты: проведенные исследования позволили получить данные для проведения сравнительного анализа по рациональному расходу металла на элементы каркаса и купола здания.

Выводы: наиболее эффективными сечениями являются по куполу - швеллер гнутый равнополочный сечением 25x30x2 удельным расходом стали - 1,22 кг/м, по каркасу - колонна сквозного сечения из раздвинутых швеллеров соединенных решеткой из одиночного уголка сечением 20x20x2 с суммарным удельным расходом стали – 26,28 кг/м.

Ключевые слова: коттедж, купол, металлический каркас, конечно-элементная модель.

ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящего исследования является определение направления освоения и развития территории в районе Василевой балки в городе Балаклава при наличии существующих на данный момент констант и переменных.

Объект развития территории характеризуется уникальными и потенциально высокими потребительскими свойствами при условии его развития в качестве базы отдыха.

Здесь необходимо обратить внимание как на факторы, способствующие развитию территории, препятствующие и нейтральные. [2...5].

Факторы, способствующие развитию территории

- Видовые характеристики (на море и горы).
- Обособленный, труднодоступный для сторонних посетителей пляж.
- Отдаленность от трасс и городского шума.

- Строительство комплексной туристической инфраструктуры Яхтенной марины (рис. 1)

В отдельную категорию выделены места размещения, расположенные вблизи участка база отдыха «Васили» в г. Балаклава, а именно такие отели как: «Рота Chalet Marina»; Отель «Дионис»; Отель «Гомер»; Отель «Кефало Врисси»; Гостевой Дом «KuprInn»; «Фордевинд Отель»; «Рыбацкая Слобода»; Гостиница «Даккар». При этом, большинство отелей г. Балаклава, как самостоятельные единицы, имеют слабо развитую инфраструктуру, низкий уровень клиентского сервиса и устаревший номерной фонд, что сильно снижает их уровень конкурентоспособности и привлекательности для потребителей.

В результате анализа рынка «спрос-предложение» обнаружен дефицит предложения качественных мест размещения в г. Севастополь и г. Балаклава - спрос на места размещения в Балаклаве удовлетворен на 55% по реалистичному сценарию.



а)
а) б)
б)

Рис.1. а) Фрагмент планировочного решения базы отдыха «ВАСИЛИ».
б) Индивидуальный коттедж с купольным покрытием.
Fig.1. а) Fragment of the planning solution for the recreation center “VASILI”.
б) Fig. 2. Individual cottage with dome roof.

Заключение: Размещение участка базы отдыха «ВАСИЛИ» в горно-лесистой части г. Балаклава предполагает рациональное освоение участка в виде строительства отдельных комфортабельных коттеджей, оборудованных всеми необходимыми инженерными системами, и обустройства территории необходимой инфраструктурой - открытые бассейны, игровые, спортивные и детские площадки, кафетерии закрытого и открытого типа, комфортные выходы на морское побережье (рис. 1, а).

Рекомендации - освоение участка со строительством отдельных комфортабельных коттеджей, оборудованных всеми необходимыми инженерными системами с обустройством территории необходимой инфраструктурой.

Комфортабельные коттеджи в конструктивном плане решены в виде зданий с металлическим каркасом, а второй этаж выполнен в виде сетчатого купола (рис. 1, б).

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Мировой опыт проектирования и строительства показывает, что в настоящее время сетчатые купола

проектируются преимущественно на основе сеток с треугольными ячейками и их разновидностями. Отечественный и зарубежный опыт куполостроения подтверждает рациональность использования односетчатых купольных покрытий сферической формы из металла и древесины и материалов на ее основе [3-10].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования работы элементов купола в составе каркаса индивидуального коттеджа была создана конечно-элементная модель здания программе «ЛИРА САПР», позволяющая провести расчет с использованием МКЭ [11-16]. В основу положено конструктивное решение следующего типа: 1-й этаж - стоечно-балочная система с размерами в плане 8,8 м на 6,4 м, второй этаж – сетчатый купол диаметром 10,8 метра высотой – 5,4 метра с кольцевым балконом с вылетом 1,5 м (рис.2).

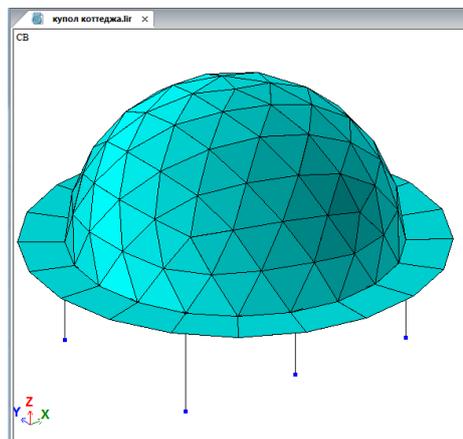


Рис. 2. Стержневая система с заполнением элементами оболочек.
Fig. 2. Rod system filled with shell elements.

Для данной модели были собраны нагрузки и воздействия по источнику [2] для района г. Севастополя, представленные в таблице (рис. 3,а). Элементом конечно-элементной модели на начальном этапе исследований были присвоены

следующие жесткости: колонны – коробчатое сечение 160x6 мм; балки перекрытия – двутавры № 26 и 30; элементы купола – коробчатое сечение 40x2 (рис.3, б) [1].

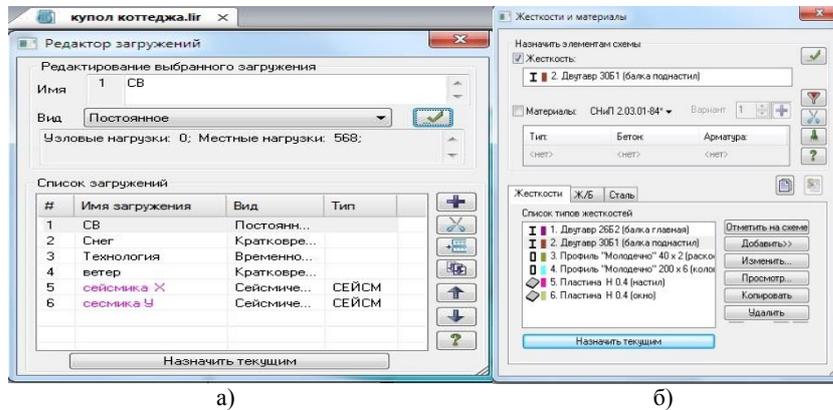


Рис. 3. Конечно-элементная модель
 а) Нагрузки, участвующие в расчетах; б) жесткости и материалы стержней и оболочек.

Fig. 3. Finite element model
 a) Loads involved in calculations; b) stiffness and materials of rods and shells.

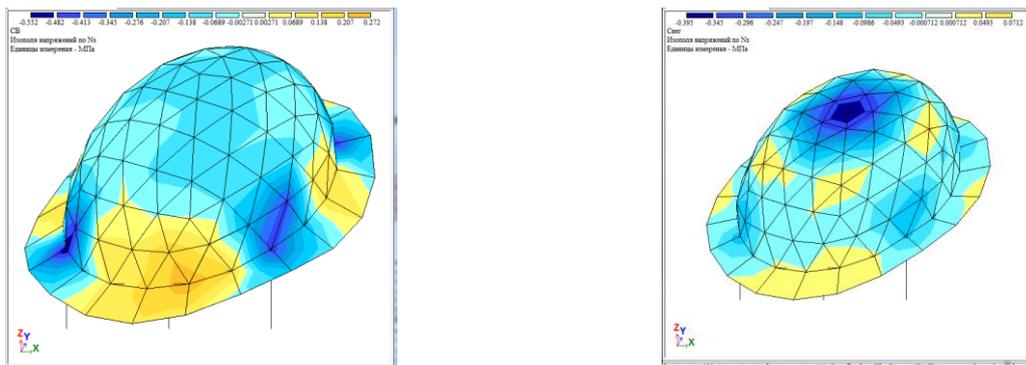


Рис. 4. Изополя напряжений в элементах конечно-элементной модели от собственного веса и снега
Fig. 4. Stress isofields in the elements of the finite element model due to their own weight and snow

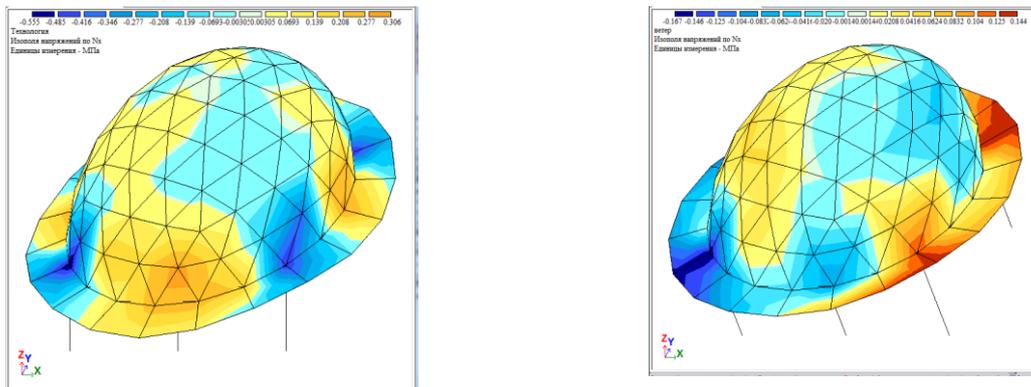


Рис. 5. Изополя напряжений в элементах конечно-элементной модели от технологии и ветра
Fig. 5. Stress isofields in elements of the finite element model depending on technology and wind

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В результате расчетов были получены результаты в виде расчетных усилий и изополей напряжений в элементах конечно-элементной модели, представленных на рис. 4, 5.

В результате проведенных вычислений были на основе метода расчета по предельным состояниям

проверены прочность и устойчивость стержневых элементов и элементов оболочек – остекления и настила перекрытия – проверка 1-ого предельного состояния. А также была произведена проверка жесткости конструкций купольно-каркасной системы индивидуального коттеджа - проверка 2-ого предельного состояния. Результаты представлены на рис. 6 а,б.

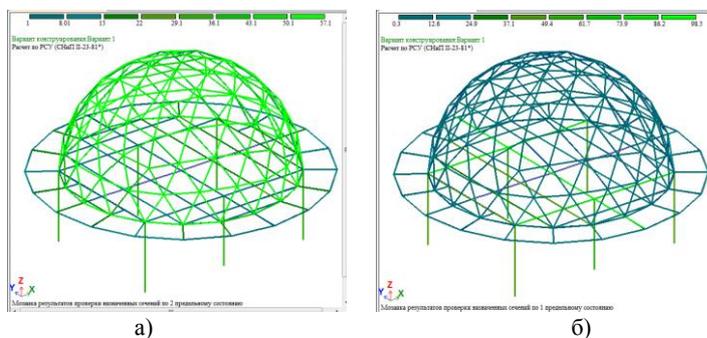


Рис. 6. Изополя напряжений в элементах конечно-элементной модели от технологии и ветра
 а) проверка 1-ого предельного состояния; б) проверка 2-ого предельного состояния
Fig. 6. Stress isofields in the elements of the finite element model depending on technology and wind
 а) checking the 1st limit state; б) checking the 2nd limit state

С целью определения наиболее эффективного сечения элементов купола с точки зрения удельного расхода стали для них принимались различные сечения в 4-х вариантах приведенных в таблице 1.

Таблица 1
Table 1

Наименование элемента	Сортамент	Сечение, см ²	Напряжение, МПа (1 пред. состояние)	Предельная гибкость (2 пред. состояние)	Расход, кг/м
1.	2.	3.	4.	5.	6.
Раскос купола- стальной (Сталь класса С245пс)					
Вариант 1	Швеллер гнутые равнополочные	25x30x2	245*0,777=190.4	166 < 220-40a=180	1.22
Вариант 2	Коробка из швеллеров гнутые равнополочные	(25x26x2)x2	245*0,405=99,35	158 < 220-40a=180	1.07x2=2,14
Вариант 3	Уголок гнутые равнополочные	40x2,5	245*0,904=221.5	180 < 220-40a=180	1,48
Вариант 4	Профиль Молодечно	40x2	245*0,405=44,9	103 < 220-40a=180	2,31

Сравнение результатов исследований показало наиболее эффективное сечение рядового раскоса сетчатого металлического купола швеллер гнутый равнополочный сечением 25x30x2 у удельным расходом стали - 1,22 кг/м при высоком значении процента использования сечения по 1-ому предельному состоянию -78 %, а по 2-му

предельному состоянию -89 %, что подтверждает эффективность такого сечения.

С целью определения наиболее эффективного сечения колонн с точки зрения удельного расхода стали для них принимались различные сечения в 4-х вариантах приведенных в таблице 2.

Таблица 2
table 2

Наименование элемента	Сортамент	Сечение, см ²	Напряжение, МПа (1 пред. состояние)	Предельная гибкость (2 пред. состояние)	Расход, кг/м
1.	2.	3.	4.	5.	6.
Раскос купола- стальной (Сталь класса С245пс)					
Вариант 1	Труба электросварная прямошовная	219x5	245*0,972= 238.2	49 < 180-60a=120	26,38
Вариант 2	Раздвинутые швеллера	(14П+20x20x2)x2	245*0,93=226.2	98 < 180-60a=120	26,28
Вариант 3	Двутавр колонный	20К1	245*0,801=196,3	64 < 180-60a=120	41,34
Вариант 4	Профиль Молодечно	160x6	245*0,976=239.2	59 < 180-60a=120	28,6

Сравнение результатов исследований показало наиболее эффективное сечение наиболее нагруженной колонны каркаса металлического каркаса – сквозное сечение из раздвинутых швеллеров соединенных решеткой из одиночного уголка сечением 20x20x2 с суммарным удельным расходом стали – 26,28 кг/м при высоком значении процента использования сечения по 1-ому предельному состоянию -93 %, а по 2-му предельному состоянию -98 %, что подтверждает эффективность такого сечения.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования позволили заключить, что освоение участка базы отдыха «ВАСИЛИ» в горно-лесистой части г. Балаклава полагает рациональное освоение участка в виде строительства отдельных комфортабельных коттеджей, оборудованных всеми необходимыми инженерными системами.

Конструктивное решение комфортабельных коттеджей рационально с точки зрения быстроты возведения и минимизации расходов возможно в виде зданий с металлическим каркасом, второй этаж которых выполнен в виде сетчатого металлического купола.

Произведен сравнительный анализ конструктивных решений сечений элементов:

1. Элемент купола - рядовой раскос сетчатого металлического купола, наиболее эффективное сечение швеллер гнутый равнополочный сечением 25x30x2 у удельным расходом стали - 1,22 кг/м;

2. Колонна каркаса - сквозное сечение из раздвинутых швеллеров соединенных решеткой из одиночного уголка сечением 20x20x2 с суммарным удельным расходом стали – 26,28 кг/м.

Предложенное объемно-планировочное и конструктивное решение здания позволяет получить эксклюзивный вид коттеджей и возможность значительного остекления здания, что весьма оригинально и предпочтительно для южных регионов Крымского полуострова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. - Министерство строительства Российской Федерации. М. 2016. -105 с.
2. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. - - Министерство строительства Российской Федерации. М. 2017. -145 с.
3. Журавлев А.А. Купольные покрытия из дерева и пластмасс. Спецкурс. -Ростов-на-Дону: Рост. инж. строит. ин-т, 1983. - 102с.
4. Журавлев А.А., Муро Г.Э., Кимсуор Лонг. Журавлев Ан.Л. Стержневые конструкции многогранных куполов. - Ростов-на-Дону: РИЦ РГСУ. 2007.-318с.
5. Makowski Z.S. Analysis, design and construction of braced domes. - London a.o.: Granada. 1984.- 701 p.

6. Журавлев А.А. Прочность и устойчивость пологих многогранных куполов из дерева и пластмасс. Дис. докт. техн. наук. - Ростов-на-Дону. 1987.-335с.

7. Гохарь-Хармандарян И.Г. Большепролетные купольные здания. М., Стройиздат, 1972. – 122 с.

8. Липникий М.Е. Купола. (Расчет и проектирование).-Л., Стройиздат, 1973. – 142 с.

9. Липникий М.Е. Купольные покрытия для строительства в условиях сурового климата. Л., Стройиздат, 1981. -155 с.

10. Лебедев В.А., Лубо Л.Н. Сетчатые оболочки в гражданском строительстве на севере. -Л., Стройиздат, 1982. – 204 с.

11. Туполев М.С., Морозов Ю.А. Тригонометрические параметры схем геодезических и кристаллических куполов. - В кн.: Строительная механика, расчет и конструирование сооружений, 1971, вып.3. – 120 с.

12. Бурыйшин М.Л., Гордеев В.Н. Эффективные методы и программы расчета на ЭВМ симметричных конструкций. К., Будівельник, 1984., -175 с.

13. Bass L.O. Unusual dome awaits base ball season in Houston. - Civil Engineering, 1965, v.35, №1.

14. Рекач В.Г. – Руководство к решению задач прикладной теории упругости, Москва, «Высшая школа», 1973 г., - 378 с.

15. Казакевич М.И., Мелашвили Ю.К., Сулаберидзе О.Г. Аэродинамика висячих покрытий. Киев, «Будівельник», 1983.- 225 с.

16. Tor L.A. Le Stade convert polyvalent «Louisiana Super-dome» a la Nouvelle-Orlians (Etats-Unis). Acier-Stahl-Steel, 1974, №3.

REFERENCES

1. SP 20.13330.2011. Loads and impacts. Design standards. - no . Ministry of regional development of the Russian Federation 2011.
2. SP 16.13330.2011 Steel structures.- Ministry of regional development of the Russian Federation 2011.
3. Zhuravlev A.A. Dome coverings made of wood and plastics. Special course. -Rostov-on-Don: Rost. Eng. builds. Institute, 1983. - 102 p.
4. Zhuravlev A.A., Muro G.E., Kimsuor Long. Zhuravlev An.L. Rod structures of multifaceted domes. - Rostov-on-Don: RIC RGSU. 2007.-318p.
5. Makowski Z.S. Analysis, design and construction of braced domes. - London a.o.: Granada. 1984.- 701 p.
6. Zhuravlev A.A. Strength and stability of flat multifaceted domes made of wood and plastics. Dissertation for a Doctor of Technical Sciences. - Rostov-on-Don. 1987.-335p.
7. Gokhar-Kharmandaryan I.G. Long-span domed buildings. М., Stroyizdat, 1972. – 122 p.
8. Lipniikiy M.E. Domes. (Calculation and design).-L., Stroyizdat, 1973. – 142 p.
9. Lipniikiy M.E. Dome coverings for construction in harsh climates. L., Stroyizdat, 1981. -155 p.
10. Lebedev V.A., Lubo L.N. Mesh shells in civil

engineering in the north. -L., Stroyizdat, 1982. – 204 p.

11. Tupolev M.S., Morozov Yu.A. Trigonometric parameters of geodesic and crystalline dome schemes. - In the book: Structural mechanics, calculation and design structures, 1971, issue 3. – 120 s.

12. Buryshkin M.L., Gordeev V.N. Effective methods and programs for computer calculations of symmetrical structures. K., Budivel'nik, 1984., -175 p.

13. Bass L.O. Unusual dome awaits base ball season in Houston. - Civil Engineering, 1965, v.35, №1.

14. Rekach V.G. – Guide to solving problems of applied theory of elasticity, Moscow, “Higher School”, 1973, - 378 p.

15. Kazakevich M.I., Melashvili Y.K., Sulaberidze O.G. Aerodynamics of suspended coverings. Kyiv, “Budevel'nik”, 1983.- 225 p.

16. Tor L.A. Le Stade convert polyvalent «Louisiana Super-dome» a la Nouvelle-Orleans (Etats-Unis). Acier-Stahl-Steel, 1974, №3.

APPLICATION OF A METAL DOME IN A COTTAGE DURING THE DEVELOPMENT OF THE BALAKLAVA COAST OF THE BLACK SEA

Sintsov A.V., Danchenko N.V., Mitrofanov S.V., Abdurakhmanov A.Z.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University,
Institute "Academy of Construction and Architecture"
181, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea 295493
e-mail: sintsov_a.v@mail.ru, Arlekincool@mail.ru, aziz85@bigmir.net

Abstract. Development issues that remain relevant include determining the direction of development and development of the territory in the area of Vasilyeva Balka in the city of Balaklava in the presence of currently existing constants and variables. The territory development object is characterized by unique and potentially high consumer properties, provided that it is developed as a recreation center. Here it is necessary to pay attention to factors that contribute to the development of the territory, obstacles and neutral ones. Most hotels in Balaklava, as independent units, have a poorly developed infrastructure, a low level of customer service and an outdated number of rooms, which greatly reduces their level of competitiveness and attractiveness to consumers.

The location of the site of the recreation center "VASILI" in the mountainous and wooded part of the city of Balaklava involves the rational development of the site in the form of the construction of separate comfortable cottages. Comfortable cottages are designed in the form of buildings with a metal frame, and the second floor is made in the form of a mesh dome. The basis is the following design solution: the 1st floor is a post-and-beam system with plan dimensions of 8.8 m by 6.4 m, the second floor is a mesh dome with a diameter of 10.8 meters, a height of 5.4 meters with a ring balcony with an overhang of 1.5 m.

The research carried out made it possible to obtain a space-planning and constructive solution for the building that has an exclusive appearance and the possibility of significant glazing of the building, which is very original and preferable for the southern regions of the Crimean Peninsula

Subject: constructive solution for comfortable cottages.

Materials and methods: The existing design solution of a geodesic dome for long-span buildings was adopted as the starting material. To study the operation of dome elements as part of the frame of an individual cottage, a finite element model of the building was created using the LIRA SAPR program.

Results: the conducted research made it possible to obtain data for a comparative analysis on the rational consumption of metal for the elements of the frame and dome of the building.

Conclusions: the most effective sections are for the dome - a bent equal-flange channel with a section of 25x30x2 with a specific steel consumption of 1.22 kg/m, for the frame - a through-section column of spread channels connected by a lattice of a single angle with a section of 20x20x2 with a total specific steel consumption of 26, 28 kg/m.

Key words: cottage, dome, metal frame, finite element model.