

# Технология возведения мягкой ограждающей конструкции

**Б.С. Стригин**

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ),  
Российская Федерация, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, 129337, StriginBS@mgsu.ru

**Р.А. Король**

ООО РОЛСТРОЙ, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Краснодар, ул.Аксайская, 40, 350016

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются вопросы трансформируемых покрытий. Современные тенденции в строительстве и архитектуре ставят задачу по применению быстровозводимых и трансформируемых ограждающих конструкций зданий и сооружений различного функционального назначения. В качестве таких ограждающих конструкций используются тентовые материалы из полимерных пленок, тканей и других эластичных видов покрытий, на несущих каркасах, в виде стержневых и других опорных систем. Наиболее устойчивыми к силовым воздействиям являются пространственно-стержневые конструкции в виде сфер, полусфер или части полусферы, получивших название «геодезические конструктивные системы», геодезические купола.

**Ключевые слова** и фразы: архитектура, трансформируемость, мобильность, рекреационное помещение с трансформируемым покрытием, тентовая ограждающая конструкция, тентовый материал, пространственно-стержневая конструкция, «геодезический» купол, тентовая оболочка, тарельчатая подвеска, флаттер.

## 1. Введение

Технология монтажа мягкого ограждения разрабатывалась для здания общественного центра в молодежном туристическом лагере «Волга» под

г.Казань. Под пространственно-стержневым (геодезическим) куполом в форме 1/3 полусферы, с диаметром в основании 43 метра и высотой в верхней точке 12,5 метра, запроектированы ресторан, бар, киноконцерт-ный зал, вмещающие более 600 посадочных мест для отдыхающих. В основу геометрической системы положен принцип кристаллографии. [1] См.Рис.1. За исходный кристалл купола принят икосаэдр, а 5 кристаллов образуют весь каркас купола:

- для Варианта 1, монтажа пневмоподдува, из труб 80 мм. АМг-5АМ-8 (Рис. 10) и для Варианта 2 из труб 140 мм. Ст.3 (Рис.1). По периметру нижней части каркаса протянут стальной трос, к которому посредством тарельчатых подвесок (Рис.2) крепится тентовая ограждающая конструкция (Рис.3).[2][3].

Для выявления оптимального варианта монтажа мягкого ограждения (МО), были изготовлены макеты куполов в масштабе 1 : 20 и 1 : 10 от натурального объекта, на которых проводился экспериментальный монтаж, при этом каркасы натуральных объектов и макетов отличались по конструктивному решению.

Изготовленная для этого «МО» также в масштабе 1 : 20, раскладывалась под макетом каркаса купола (Рис.4). Всего было разработано два варианта монтажа «МО»: - Первый – методом поддува; Второй – механический, с использова-

## TECHNOLOGY OF INSTALLATION OF A SOFT ENCLOSING STRUCTURE OF THE GEODESIC DOME

**B S Strigin,**

National Research Moscow State University of Civil Engineering,  
Yaroslavskoe shosse 26, Mos-cow, 129337, Russian Federation,  
StriginBS@mgsu.ru

**R A Korol,**

LLC ROLSTROY, Aksayskaya street, building 40, Krasnodar city,  
Krasnodar Krai, 350016, Russian Federation

**Abstract.** This article deals with the issues of transformable coatings. Modern trends in construction and architecture pose the problem of using prefabricated and transformable enclos-

ing structures of buildings and structures for various functional purposes. Awning materials from polymer films, fabrics, and other elastic types of coverings, on load-bearing frames, in the form of rod and other support systems are used as such enclosing structures. The most resistant to force effects are spatially-rod structures in the form of spheres, hemispheres, or part of a hemisphere, called «geodetic structural systems», geodesic domes.

**Keywords:** architecture, transformability, mobility, recreational space with transformable coating, awning enclosing structure, awning material, spatially-stranded structure, «geodesic» dome, awning shell, poppet suspension, flutter.



Рис.1 Каркас пространственно-стержневого купола.

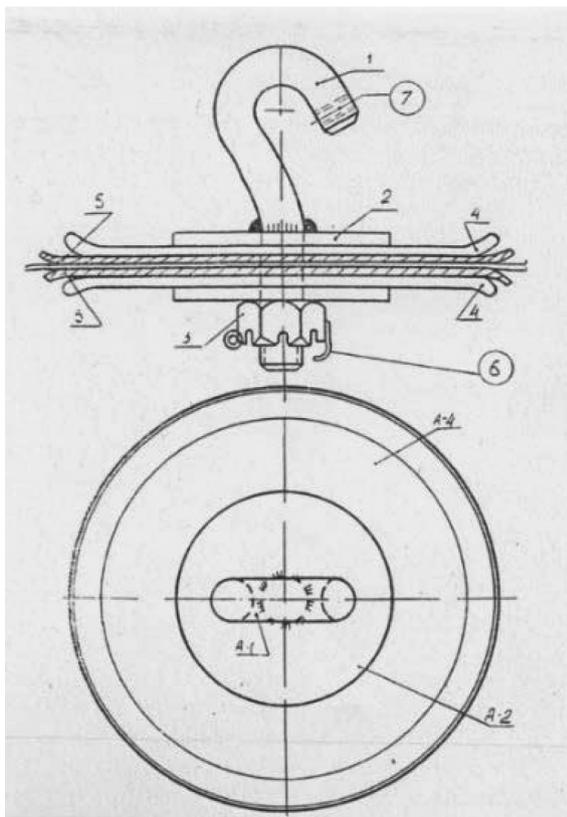


Рис.2 Точечная подвеска каркаса в сборе.  
1 – крюк подвески с резьбой М18; 2 – стальной диск 100 мм, 6 мм; 3 – гайка М18; 4 – алюминиевый сжимной диск; 5 – резиновая прокладка; 6 – шплинт по ГОСТ 397-54; 7 – отверстие с резьбой М6 для стопорного винта.



Рис.3 Крепление тарельчатой подвески к тросу.

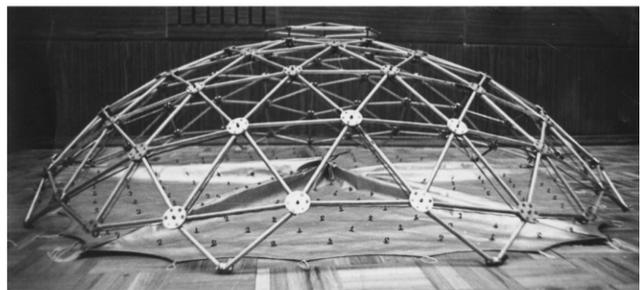


Рис.4. Модель каркаса пространственно-стержневого купола (масштаб 1 : 20). Раскладка МО по осям координат. Вариант №1

нием средств малой механизации, ручных лебедок грузоподъемностью от одной до четырех тонн. [4].

При методе «поддува» на модели использовали пылесос и автомобильный насос с датчиком давления (Рис.5). На натурном сооружении, для поддува использовали электрический компрессор. В обоих случаях последовательность монтажа была идентичной, за исключением подпирания подсобными рабочими МО снизу деревянными шестами в местах крепления крюков тарельчатых подвесок к тросовой сетке. На макете, из-за малых габаритов, этого не требовалось.

## 2. Материалы и методы

Последовательность монтажа методом «поддува»:

1. Соединение 5 полотнищ тента (250 м<sup>2</sup> каждая) в единую конструкцию посредством металлических сжимов, кордных лент и стягивающих болтов (Рис.6).
2. Раскладка тента под каркасом купола по осям координат (Рис.4 и 7)
3. Покрытие зенитного свето-аэрационного отверстия диаметром 3 метра накладкой из тента, для герметичности при нагнетании воздуха.
4. Раскладка балласта (мешки с песком) по внешнему периметру МО, диаметром 30 метров. (Рис.8)
5. Соединение крюка центральной точечной подвески к подъемной лебедке в зенитной точке каркаса купола.
6. Подача воздуха от компрессора через рукава-воздуховоды под МО с одновременным подтягиванием тента лебедкой, до верхнего предела «пузыря».
7. Уменьшение диаметра МО до 20 метров за счет перемещения балласта (мешков с песком) и повторить операцию п.6.
8. Уменьшение диаметра МО до 10 метров за счет перемещения балласта и повторить операции пп.6 и 7, при этом крюк центральной подвески поднят до петли кронштейна в зенитной части каркаса.
9. Соединение и фиксация крюка центральной подвески МО с петлей кронштейна каркаса купола.
10. Не снижая воздушного напора, соединить максимальное количество крюков точечных подвесок со стальными тросами по периферии зенитной части купола. (Рис.9)
11. После завершения операций 1 – 10, производится фиксация крюков точечных подвесок к тросовой сетке по оставшейся части площади МО.

12. Для стабилизации МО и для преднатяжения тента использовались капроновые фалы диаметром 12 мм, пропущенные сверху покрытия, что придает отдельным участкам тента в местах точечных подвесок ромбическую форму поверхности отрицательной гауссовой кривизны [2] Рис.10.

Материалы тентов для Варианта №1 и Варианта №2 различаются по физическим и механическим свойствам (Рис.11) [5]

## 3. Результаты

При монтаже МО методом «поддува» была задействована бригада в составе 10 человек, четыре монтажника, включая бригадира, и шесть подсобных рабочих. В подготовительных работах принимает участие весь состав бригады, а для работы на высоте допускаются только четверо монтажников, прошедших специальный инструктаж у главного инженера и инженера по технике безопасности. Продолжительность монтажа составляла 5 – 6 дней при 8-ми часовом рабочем дне. [6]

По Варианту №2 монтажа МО было задействовано 6 человек – 4 монтажника и 2 подсобных рабочих. Монтаж механическим способом значительно экономичнее как по трудозатратам, так и по времени. Бригада в 6 человек монтировала МО в течении 3 – 4 дней. Монтажные работы значительно упростились, в основном за счет вывода трудоемких операций по устройству балласта и его трех, а иногда и четырехкратного перемещения. Отпала необходимость «зашивать» свето-аэрационное отверстие диаметром 3 метра для обеспечения герметичности при подаче воздуха под МО, а также ряд других мелких операций, требующих трудозатрат и времени.

Максимальная продолжительность монтажа по Варианту №1 – 6 рабочих дней.

## 4. Заключение

Последовательность монтажа по Варианту №2 состоит из следующих операций: - три из них соответствуют пп. 1, 2 и 5 из Варианта №1 (См.Рис.7) В соответствии с п.5, после соединения крюка центральной точечной подвески к подъемной лебедке, МО медленно поднимают вверх (Рис. 12, 13), одновременно подсобные рабочие подвигают периферийную часть МО к центру для снижения нагрузки на лебедку и центровки полотнища по осям координат (Рис.14). По достижению цен-

## Состав бригады на 1 смену для монтажа МО по Варианту №1

Номер пп	Профессия рабочих, занятых на объекте	Квалификация и разряд	Выполняемые операции
1	Монтажник-высотник Такелажник-монтажник Электрик-монтажник Подсобные рабочие	5 разряд – 2 чел. 4 разряд – 1 чел. 4 разряд – 1 чел. 3 разряд – 6 чел.	Соединение 5 полотнищ тента в единую конструкцию посредством металлических сжимов, кордных лент и стягивающих болтов.
2	Монтажник Подсобные рабочие	4 чел. 6 чел.	Раскладка тента под каркасом купола по осям координат
3	Монтажник-высотник Подсобные рабочие	5 разряд – 2 чел. 3 разряд – 2 чел.	Покрытие зенитного свето-аэрационного отверстия, диаметром 3 метра, накладкой из тента для герметичности при нагнетании воздуха
4	Монтажник Подсобные рабочие	4 чел. 6 чел.	Раскладка балласта по внешнему периметру МО, диаметром 30 метров
5	Такелажник-монтажник Подсобный рабочий	4 разряд – 1 чел. 3 разряд – 1 чел.	Соединение крюка центральной точечной подвески к подъемной лебедке в зенитной точке каркаса купола
6	Электрик-монтажник Монтажник-высотник Подсобные рабочие	5 разряд – 1 чел. 4 разряд – 1 чел. 3 разряд – 2 чел.	Подача воздуха от компрессора, через рукава-воздуховоды, под МО, с одновременным подъемом тента лебедкой до верхнего предела поддутого «пузыря»
7	Электрик-монтажник Монтажник-высотник Подсобные рабочие	4 разряд – 1 чел. 5 разряд – 1 чел. 3 разряд – 6 чел.	Уменьшение диаметра МО с 30 до 20 метров, за счет перемещения балласта, с последующей подачей воздуха под МО, компрессором и подъемом тента лебедкой до верхнего предела поддутого «пузыря»
8	Электрик-монтажник Монтажник-высотник Подсобные рабочие	4 разряд – 1 чел. 5 разряд – 1 чел. 3 разряд – 6 чел.	Уменьшение диаметра МО с 20 до 10 метров, за счет перемещения балласта, с последующей подачей воздуха под МО, компрессором и подъемом тента и крюка центральной точечной подвески до петли кронштейна в зенитной части каркаса купола
9	Монтажник-высотник Такелажник-монтажник	5 разряд – 1 чел. 4 разряд – 1 чел.	Соединение и фиксация крюка центральной точечной подвески МО с петлей кронштейна каркаса купола
10	Монтажник-высотник Такелажник-монтажник Электрик-монтажник Подсобные рабочие	5 разряд – 2 чел. 4 разряд – 1 чел. 4 разряд – 1 чел. 3 разряд – 6 чел.	Максимальный подъем МО за счет увеличения подачи воздуха от компрессора для крепления точечных подвесок тента к тросовой сетке по периферии в зенитной части купола
11	Монтажник-высотник Такелажник-монтажник Электрик-монтажник Подсобные рабочие	5 разряд – 2 чел. 4 разряд – 1 чел. 4 разряд – 1 чел. 3 разряд – 6 чел.	Фиксация крюков точечных подвесок к тросовой сетке по всей площади МО
12	Весь состав бригады	10 чел.	Монтаж системы стабилизации МО с помощью капроновых фалов диаметром 12 мм, уложенных между точечными подвесками
13	Максимальная продолжительность монтажа по Варианту №1 6 рабочих дней по 8 часов.		

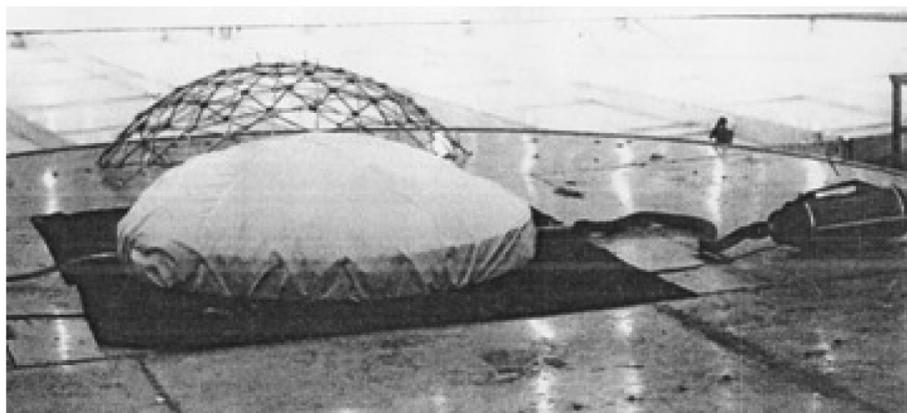


Рис.5. Поддув «МО» на модели (масштаб 1 : 20). Вариант №1

## Состав бригады на 1 смену для монтажа МО по Варианту №2

Номер пп	Профессия рабочих, занятых на объекте	Квалификация и разряд	Выполняемые операции
1	Монтажник-высотник Такелажник-монтажник Электрик-монтажник Подсобные рабочие	5 разряд – 2 чел. 4 разряд – 1 чел. 4 разряд – 1 чел. 3 разряд – 2 чел.	Соединение 5 полотнищ тента в единую конструкцию посредством металлических сжимов, кордных лент и стягивающих бол-тов.
2	Монтажники Подсобные рабочие	4 чел. 2 чел.	Раскладка тента под каркасом купола по осям координат
3	Монтажник-высотник Подсобный рабочий	5 разряд – 1 чел. 3 разряд – 1 чел.	Соединение крюка центральной точечной подвески к подъемной лебедке в зенитной точке каркаса купола
4	Монтажники Подсобные рабочие	4 чел. 2 чел.	Постепенный подъем МО спомощью ле-бедки, с одновременной подвижкой пери-ферийной части МО к центру площадки купола
5	Такелажник-монтажник Подсобный рабочий	4 разряд – 1 чел. 3 разряд – 1 чел.	Фиксация крюка центральной точечной подвески МО к петле кронштейна в зенит-ной точке каркаса купола
6	Монтажник-высотник Монтажник Подсобные рабочие	5 разряд – 2 чел. 4 разряд – 2 чел. 3 разряд – 2 чел.	Подъем периферийной части МО ручными лебедками и последовательное крепление крюков точечных подвесок к тросовой сет-ке
7	Монтажник-высотник Монтажник Подсобные рабочие	5 разряд – 2 чел. 4 разряд – 2 чел. 3 разряд – 2 чел.	Подъем средней части МО ручными лебед-ками по горизонтальной окружности купо-ла и последовательное крепление крюков точечных подвесок к тросовой сетке
8	Монтажник-высотник Монтажник Подсобные рабочие	5 разряд – 2 чел. 4 разряд – 2 чел. 3 разряд – 2 чел.	Подъем участков МО ручными лебедками в пролетах между зафиксированными точеч-ными подвесками, вначале по нижнему контуру, а в последний этап – по площади зенитной части купола
9	Монтажник-высотник Монтажник Подсобные рабочие	5 разряд – 2 чел. 4 разряд – 2 чел. 3 разряд – 2 чел.	Монтаж системы стабилизации МО с по-мощью капроновых фалов диаметром 12 мм, уложенных между точечными подвес-ками
10	Максимальная продолжительность монтажа по Варианту №2 4 рабочих дня по 8 часов.		

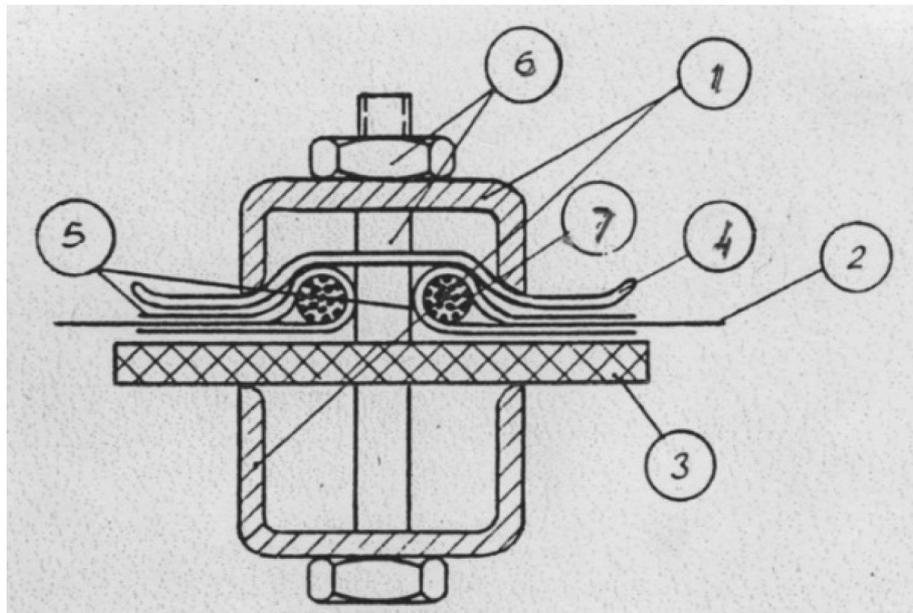


Рис.6. Узел соединения полотнищ тента между собой.

1 – металлические сжимы; 2 – полотнища тентового ограждения; 3 – кордная лента;  
4 и 5 – прокладки из тентового материала; 6 – стягивающий болт; 7 – капроновый фал.

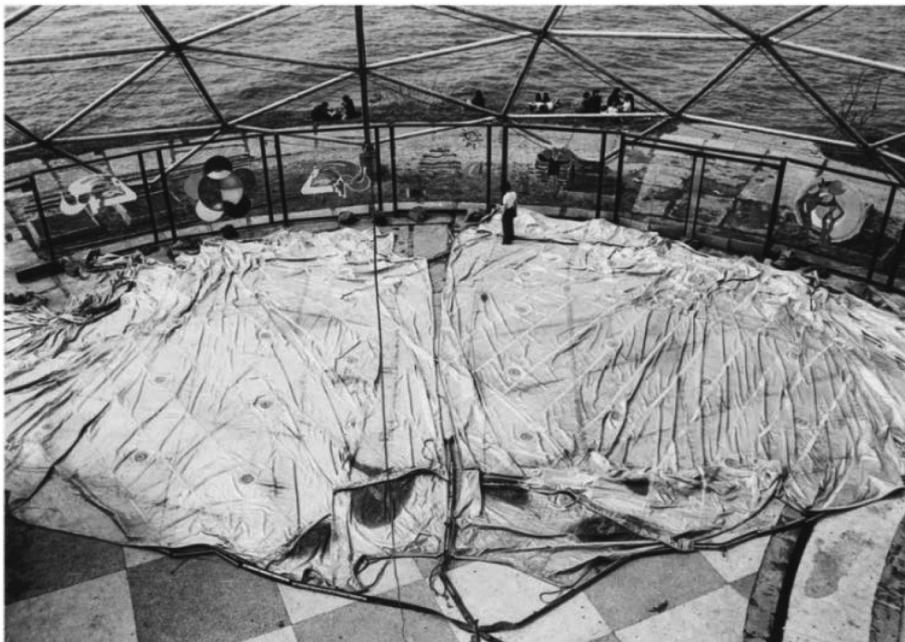


Рис.7 Раскладка «МО» по осям координат под каркасом купола на натурном объекте.

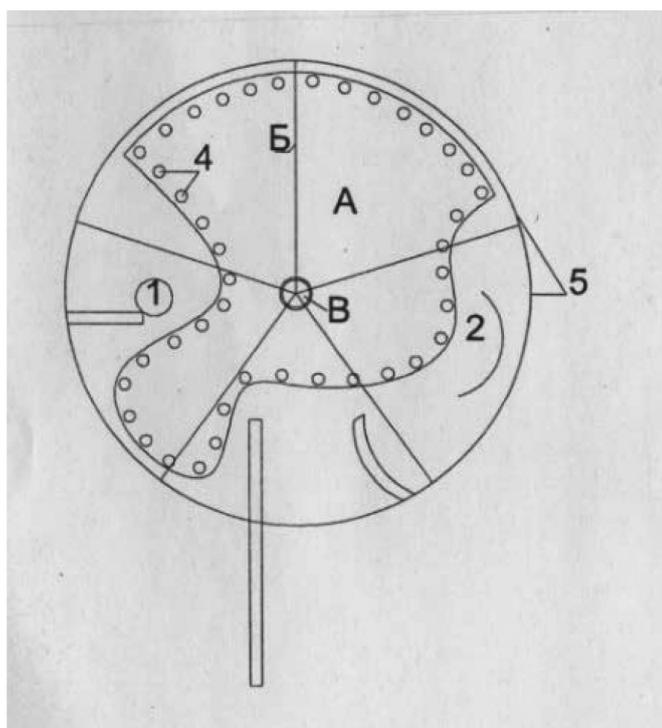


Рис.8 Раскладка балласта (мешки с песком) по периметру МО

*А – мягкое ограждение*

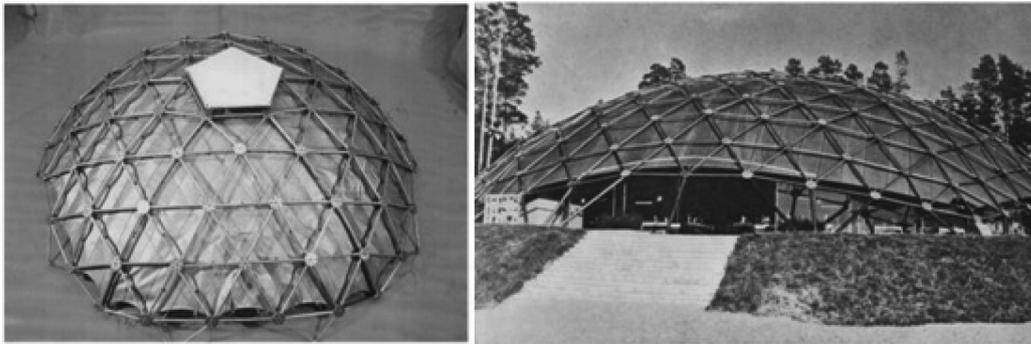
*Б – карниз ленты со сжимами В – закрытое (тендом) зенитное светоаэрационное отверстие*

*1 – кинобудка 2 - эстрада 3 – мягкое ограждение*

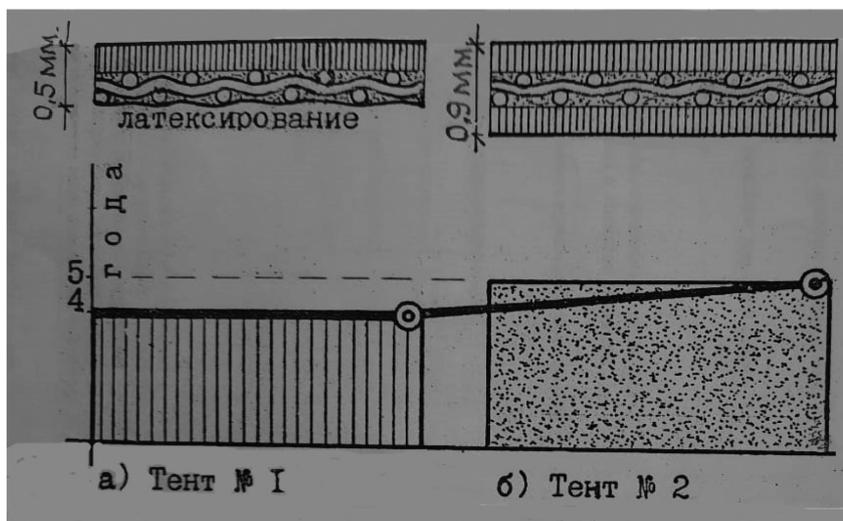
*4 – балласт (мешки с песком) 5 – капитальное ограждение (стены, витражи)*



**Рис.9** Крепление точечных тарельчатых подвесок к стальным тросам по периферии зенитной части на натурном каркасе купола. Вариант №1



**Рис.10** Стабилизация и преднапряжение МО капроновыми фалами:  
а) на модели; б) на натурном куполе



**Рис.11** Схемы сечений тентов с текстильным армированием и пленочными покрытиями:  
а) тент с односторонним пленочным покрытием вес  $450 \pm 50$  гр/м<sup>2</sup>  
б) тент с двухсторонним пленочным покрытием вес  $600 \pm 50$  гр/м<sup>2</sup>



**Рис.12**  
Монтаж МО «механическим» способом по Варианту №2



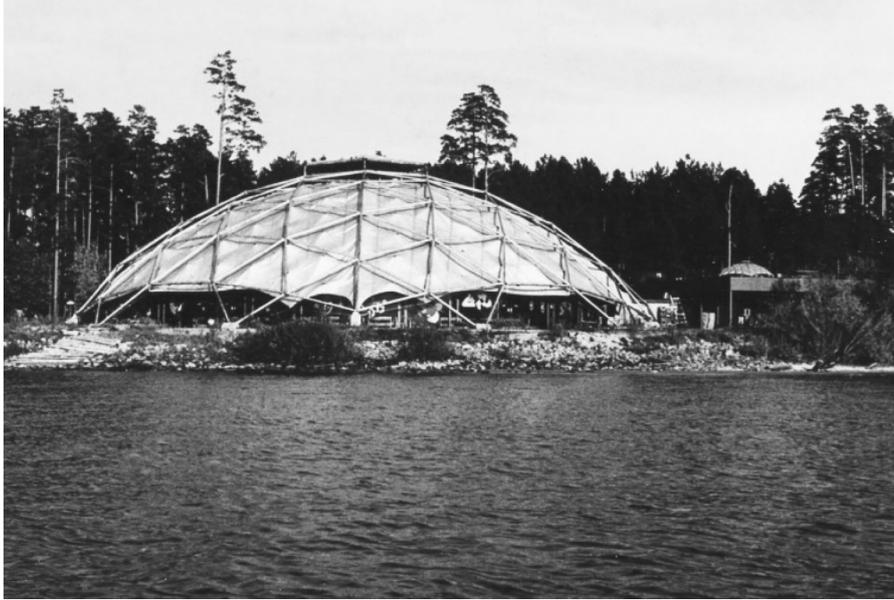
**Рис.13**



**Рис.14.** Передвижение периферийной части МО к центру площадки купола



**Рис.15** Монтаж системы стабилизации и предварительного натяжения «МО» с помощью капроновых фалов диаметром 12 мм, уложенных между точечными подвесками. Тип конструкции в эксплуатации



**Рис.16.** Монтаж системы стабилизации и предварительного натяжения «МО» с помощью капроновых фалов. Тип конструкции в эксплуатации.

трального крюка зенитной точки, его фиксируют, после чего производят монтаж периферийной части МО, постепенно поднимаясь снизу вверх, фиксируя крюки точечных подвесок к тросовой сетке с помощью ручных лебедок. В последнюю очередь фиксируются крюки точечных подвесок по периферии зенитной части каркаса купола, в отличие от Варианта №1. По завершению крепления всех точечных подвесок, монтируют систему

стабилизации МО капроновыми фалами поверх тента (Рис.15), после чего сооружение в целом приобретает окончательный вид, органично вписывающееся в окружающую застройку и природную среду (Рис.16) [7,8]

Данный вариант монтажа значительно упрощает, облегчает и сокращает время производства работ, что существенно влияет на его стоимость, за счет снижения трудозатрат и энергоресурсов.

## Литература

1. Блинов Ю. И., Сладков В. А., Котвицкий А. В. Пленочное тентовое покрытие купола в туристическом центре «Волга» Пленками, тканями и сетками в гражданских и промышленных зданиях.// - 1971. - С. 114-121.
2. Блинов Ю. И., Стригин Б.С. Опыт и перспективы использования тентовых пространственных конструкций для повышения эффективности и надежности строительных конструкций в условиях Восточной Сибири.// - 1980. - С. 25-29.
3. Котвицкий А. В. Из опыта изготовления тентового покрытия купольной конструкции общественного центра международного молодежного лагеря «Волга» Пленками, тканями и сетками в гражданских и промышленных зданиях.// - 1971. - С. 133-136.
4. Котвицкий А. В. Монтаж и демонтаж купольного покрытия в международном лагере «Волга» Пленок, тканей и сеток в гражданских и промышленных зданиях.// - 1971. - С. 136-141.
5. Стригин Б. С. Анализ светотехнических свойств тканевопленочных материалов строительного назначения.//
6. Процессы энергосбережения и теплообмена в оборудовании промышленных предприятий, котельных и тепловых электростанций.// - 1993. с. 22.
7. Ермолов В. В. Прошлое, настоящее и будущее пневматических строительных конструкций. Пневматические строительные конструкции. // - 1983. - С. 5-110.
8. Блинов Ю. И. Тентовые здания и сооружения Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. // - 1991.
9. Бабакова А. В., Денисенко Е. В. Критерии формирования бионической архитектуры в XXI веке // Известия КГАСУ. - 2016. № 1. - С. 16-25.
10. Блинов Ю. И. Тентовые конструкции, строительство и архитектура - 8/1985. - С. 6-43.
11. Курьянов В. Н. Материалы для пленочных конструкций. Пленочные сельскохозяйственные конструкции// - 1981. - С. 47-50.

## References

1. Blinov Y I, Sladkov V A, Kotvitsky A V Film tent covering of the dome in the tourist center «Volga» Films, fabrics and nets in civil and industrial buildings. - 1971. - pp. 114-121. (In Russian)
2. Blinov Y I, Strigin B S Experience and prospects of using tent spatial structures Improving the efficiency and reliability of build-ing structures in the conditions of Eastern Siberia. - 1980. - pp. 25-29. (In Russian)
3. Kotvitskiy A V From the experience of making the tent covering of the dome structure of the public center of the international youth camp «Volga» Films, fabrics and nets in civil and industrial buildings. - 1971. - pp. 133-136. (In Russian)
4. Kotvitskiy A V Installation and dismantling of the dome cover in the international camp «Volga» Films, fabrics and nets in civil and industrial buildings. - 1971. - pp. 136 -141. (In Russian)
5. Strigin B S Analysis of the lighting properties of fabric-film materials for construction purposes (In Russian)
6. Energy saving and heat exchange processes in the equipment of industrial enterprises, boiler houses and thermal power plants. - 1993. p. 22. (In Russian)
7. Ermolov V V Past, present and future of pneumatic building structures Pneumatic building structures. - 1983. - pp. 5-110. (In Russian)
8. Blinov Y I Awning buildings and structures Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. – 1991. (In Russian)
9. Babakova A V, Denisenko E V Criteria for the formation of bionic architecture in the XXI century News of KGASU. - 2016. No. 1 - pp. 16-25. (In Russian)
10. Blinov Y I Awning designs Construction and architecture - 8/1985. - pp. 6-43. (In Russian)
11. Kupriyanov V N Materials for film structures Film agricultural structures - 1981. - pp. 47-50. (In Russian)

УДК 666.32./36