

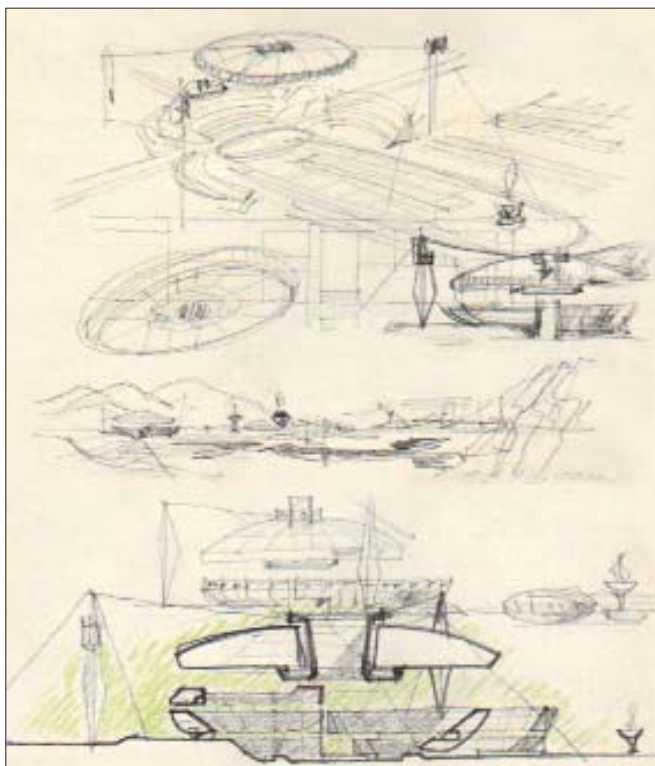


Дирижабли и аэростаты из старинных журналов, книг, открыток (www.retrodirizabl.ru/f23.html).

На подложке – проект-победитель в конкурсе на лучшую идею аэростатической архитектуры для Олимпиады в Сочи 2014.

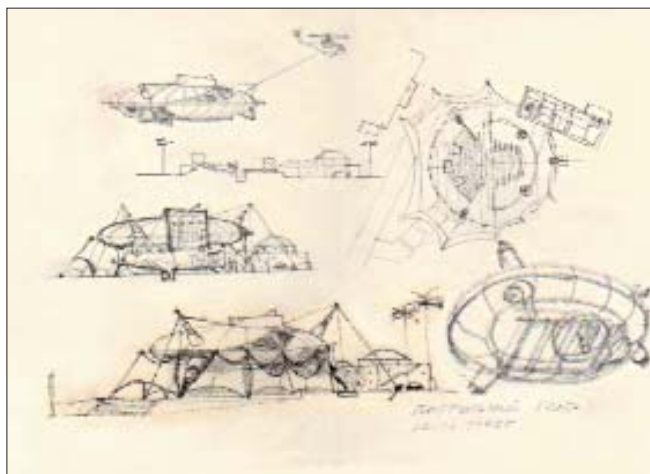
Авторы – А.Порошкин, А.Штанюк, А.Асадов, А.Хренов.

Подробнее см. №5 «АВ».



Олимпийский стадион. Эскизы автора.

Olympic Stadium. Sketches of the author.



Проект гастрольного театра для международного конкурса ОИСТАТ. 1982 г.

Project of the tour theater for the international competition OISTAT. 1982.

Виктор Логвинов

Аэростатическая архитектура – будущее где-то рядом?

Мечта подняться в воздух, освободившись от оков тяготения, будоражила воображение людей всю историю человечества, отражаясь во множестве мифов, легенд и проектов.

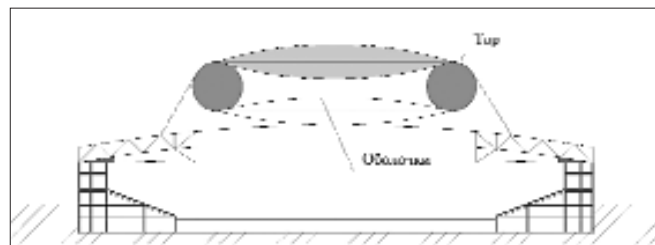
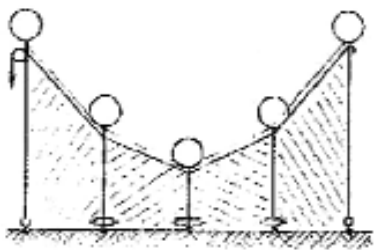
Кто в реальности первым поднял в небо летательный аппарат? Может, это был – безымянный китайский ученый еще в XV веке, а может, рязанский подъячий Крикутной в 1731 г.? Неизвестно. Но известна дата официального рождения воздухоплавания. 5 июня 1783 г. братьями Этьеном и Жозефом Монгольфьер был поднят в воздух аэростат, открывший эру воздухоплавания. Через 154 года после рождения 6 мая 1937 г. эпоха воздухоплавания внезапно закончилась, и общество отвернулось от воздухоплавания. Считается, что причиной этого является гибель гигантского дирижабля LZ-129 «Гинденбург», однако конец был предreshен задолго до трагедии. Идеи дирижаблестроения нашли продолжение – в неизмеримо меньших объемах – в стратостатах, аэростатах заграждения во Второй мировой войне и в рекламном бизнесе. Однако, подобно тому, как па-

русное судоходство нашло свое продолжение в яхтенном спорте, так и идеи воздухоплавания остались жить в красивейшем виде спорта – соревнованиях «воздушных шаров» – тепловых аэростатов. Всю историю цивилизации в другой, сугубо земной области знаний тоже жила мечта о преодолении силы тяжести, но не для путешествий по воздуху в дальние страны, а для того чтобы закрывать людей от дождя, ветра и холода, создавая искусственную среду, называемую архитектурой. Пролеты более 100 м покорились инженерам только в конце XIX в. с появлением легких металлических конструкций. Хотя проекты воздухонапорных куполов с пролетами более 300 м публиковались с конца 1930-х годов, 200-метровый пролет был покорен только в 1975 г. Несмотря на острую необходимость в покрытии больших арен стадионов для летних олимпийских игр, еще ни одна олимпийская арена полностью не перекрыта. Почему архитекторы до сих пор не обратились к опыту воздухоплавания, а воздухоплаватели не обратили внимания на

мечты архитекторов? Вероятно, это парадокс XX в. – века узкой специализации.

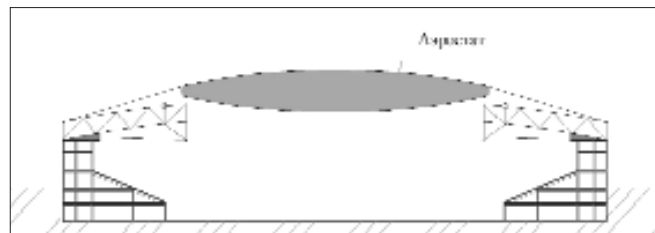
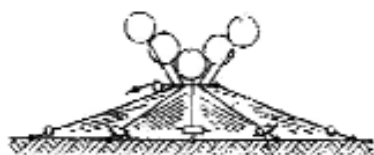
ИЗ ИСТОРИИ

Идея использования аэростатов в качестве большепролетного покрытия в прямом и переносном смысле витает в воздухе с 1970-х годов. Главный родовой недостаток аэростатов и дирижаблей – их гигантские размеры – при использовании этих аппаратов для покрытия больших пространств чудесным образом становится их главным достоинством, так как чем больше и легче такое покрытие, тем лучше. Собственный вес для аэростата является отрицательным, т.е. вместо того, чтобы передавать вес конструкций в несколько десятков тысяч тонн на фундаменты, нужно заботиться о том, чтобы эти фундаменты не улетели в воздух вместе с покрытием. Отставив в сторону технические и экономические проблемы, можно констатировать, что аэростат является идеальным покрытием для больших пространств зданий и сооружений. Эта идея захватила автора этих строк более тридцати лет назад, еще до Московской Олимпиады 1980 г., отразившись в несколь-



Пневматическое покрытие Б.Н.Наровского.

Pneumatic coverage B.Narovsky.



Покрывание SHIMIZU Construction Co Ltd.

Coverage by SHIMIZU Construction Co Ltd.

Покрывание С.Сладкова.

Coverage S.Sladkov.

ких эскизах «летающих тарелок», зависающих над олимпийскими стадионами.

Продолжение эта идея нашла в эскизах проекта гастрольного театра для международного конкурса ОИСТАТ, объявленного в 1982 г. Здесь буксируемая вертолетом «летающая тарелка», была уже полностью снабжена всем необходимым театральным оборудованием, включая колосниковую сцену с декорациями и софитами. Тарелка могла «приземлиться» хоть в пустыне, упершись в землю выдвижными телескопическими опорами и притянувшись к ней тросами.

Однако дальше первых эскизов работа не пошла – уж слишком фантастичной и «оторванной от земли» казалась эта красивая идея. Стимулом возвращения к этой идее стала уже новая Олимпиада «Сочи-2014».

За прошедшие десятилетия идея тоже прошла некоторый путь развития, перейдя из стадии «Этого не может быть» к стадии «В этом что-то есть». Замечательно, что впервые большепролетные конструкции покрытий оторвались от земли и взмыли в воздух в изобретении российских инженеров. В 1982 г. было официально опубликовано описание изобретения С.И.Сладкова. Покрытие стадиона предлагалось выполнить в виде тента из синтетической прозрачной ткани, который поднимался вверх несколькими «баллонами-аэростатами» шаровидной формы, наполненными газом легче воздуха, например, гелием. С целью ускорения и упрощения монтажа между землей, тентом и аэростатами устраивалась хитроумная система лебедок, петель, крепежных и стягивающих канатов. Через два года, в 1986 г. в изобретении

Б.Н.Наровского аэростат в форме тора стал уже главным элементом, несущим те же тенты названные оболочками.

Покрывание в виде аэростата в форме плоского, овального в плане, диска над отверстием в стационарной крыше стадиона впервые было запатентовано в Японии только в 1995 г. корпорацией SHIMIZU Construction Co LTD. Все перечисленные изобретения обладали одним, но очень крупным недостатком – они не обеспечивали стабильности положения покрытия в пространстве. Как по вертикали, так и в горизонтальном направлении покрытие могло менять свое положение из-за гибкости тросов, притягивающих его к земле или конструкциям покрываемого сооружения. Если этот недостаток можно в какой-то степени компенсировать несколькими способами, то надежно обеспечить стабильность покрытия под воздействием боковых порывов ветра, используя указанные изобретения практически невозможно. Иными словами, аэростаты, выполняющие роль покрытия в определенной степени оставались игрушкой стихии, так же как и их предшественники – дирижабли.

Пытаясь бороться со стихией средствами автоматизации и компьютеризации, российский изобретатель Р.И.Билалов в 2006 г. предложил сочетание аэростата и тента, притянутого по периметру своеобразной «шнуровой» из большого количества канатов.

На этом исчерпывается история изобретений и полезных моделей в данной области знания. Все предложенные в последующем тексте решения запатентованы автором статьи В.Н.Логвиновым.

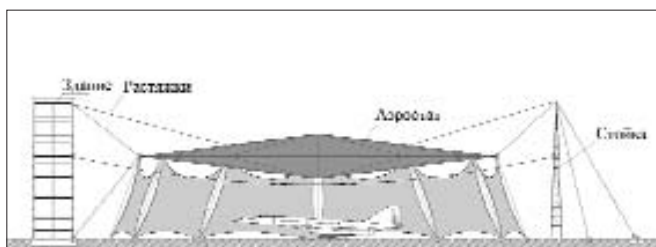
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КАРКАС

Анализ запатентованных теоретических идей дает основание для систематизации, осмысления и развития идей нового направления архитектуры, лежащего на стыке ранее никогда не пересекавшихся областей: воздухоплавания и архитектуры, дирижаблестроения и строительства, конструирования аэростатов и архитектурно-строительного проектирования. АЭРОСТАТ – это герметичная оболочка, наполненная газом легче воздуха или теплым воздухом. Соответственно, АЭРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОКРЫТИЕ – покрытие зданий и сооружений, в котором используются аэростаты в качестве несущих элементов.

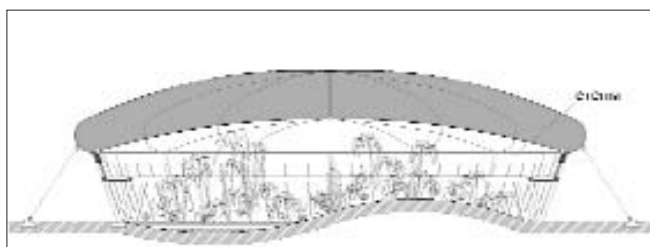
Все работающие на растяжение крепежные элементы аэростатических покрытий (канаты, тросы, расчалки, фалы) предлагается называть «РАСТЯЖКАМИ». Все вертикальные элементы, используемые для стабилизации аэростатических покрытий (столбы, мачты, вышки), предлагается называть «СТОЙКАМИ». Основываясь на известном свойстве аэростатов подниматься вверх за счет подъемной силы («отрицательного веса»), можно сформулировать задачи проектирования аэростатических покрытий как задачи выбора конкретных условий наиболее рациональных решений в части:

- способов стабилизации аэростатов;
- типов и форм аэростатических покрытия;
- типа внутренних конструкций аэростатов;
- материала оболочек;
- типа и вида оборудования, которым оснащается аэростатическое покрытие.

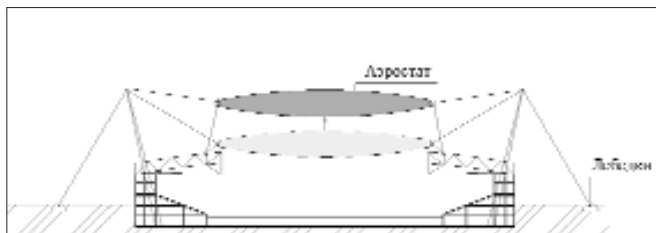
Часть этих задач можно решить на основе опыта воздухоплавания, дирижаблестроения, строительной науки, часть требует совершен-



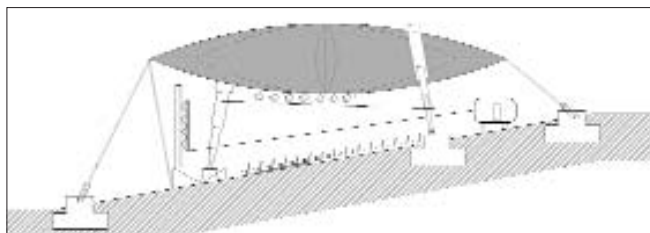
Полужесткая пространственная стабилизация.
Semi-rigid stabilization.



Жесткая стабилизация с притягиванием к конструкции.
Rigid stabilization with pulling to the structure.



Трансформирующаяся крыша.
Roof-transformer.



Жесткая стабилизация с телескопическими опорами.
Rigid stabilization with telescopic supports.

но новых, ранее не применявшихся идей, приемов и способов решений. При этом должны решаться все задачи, обычно решаемые при проектировании любого строительного покрытия – задачи прочности и устойчивости, защиты от осадков, солнечной радиации, ветра, неблагоприятных температур, а также задачи функционального использования, покрываемых пространств.

Способы стабилизации

Теоретически стабилизировать аэростат в пространстве на заданной проектной высоте над покрываемым зданием или сооружением можно следующими способами:

- гибкой стабилизации;
- полужесткой пространственной стабилизации;
- жесткой стабилизации притягиванием к конструкциям здания или сооружения;
- жесткой стабилизации с помощью опор, прикрепленных к аэростату.

По сути, все ныне запатентованные решения используют только *гибкий способ стабилизации*, что является самым главным недостатком этих предложений.

Несмотря на все перечисленные органические недостатки этого способа стабилизации, его можно использовать в случаях, когда жесткое закрепление необязательно, а между аэростатом покрытия и конструкциями покрываемого здания можно оставить значительный зазор, например во временных зданиях с летней эксплуатацией.

Полужесткая пространственная стабилизация, осуществляемая с помощью растяжек и стоек, является наиболее простым «механическим» способом стабилизации, не требующим авто-

матизации. В этом случае растяжки крепятся одним концом к аэростату, а другим – к расположенным по периметру покрытия стойкам, высота которых должна быть больше или равна высоте верхнего уровня аэростата. К преимуществу полужесткого способа стабилизации можно отнести возможность изменения высоты расположения аэростата над покрываемым зданием или сооружением. Это свойство позволяет усовершенствовать вышеописанный японский патент, обеспечив, помимо стабилизации, также «трансформацию крыши», что является обязательным условием для спортивных арен для летних олимпийских игр.

К безусловному достоинству описанного полужесткого способа стабилизации можно отнести принципиальную возможность предотвращения мгновенного падения оболочки аэростата в случае ее непредвиденной разгерметизации. Для предотвращения такого падения между стойками под аэростатом могут быть натянуты страховочные венты, задерживающие оболочку на определенной высоте на время, необходимое для эвакуации.

Жесткая стабилизация притягиванием аэростата к конструкциям покрываемого здания имеет достоинства, полужесткого способа, но не имеет его недостатков.

Жесткость стабилизации обеспечивается тем, что аэростат покрытия притягивается вниз и прижимается нижней частью к верхнему контуру конструкций покрываемого здания, форма которого должна соответствовать форме аэростата. В этом случае вертикальные нагрузки гасятся равновесием подъемной силы и натяжением растяжек, а горизонтальные вет-

ровые передаются на конструкции здания. *Жесткая стабилизация с помощью опор, прикрепленных к аэростату*, предполагает, что еще до установки покрытия к нему с нижней стороны прикреплены стационарные, откидные или телескопические опоры (не менее трех).

Особо интересно применение телескопических опор, встроенных в тело аэростата, описанное на примере гастрольного театра. Несмотря на удорожание и усложнение конструкции, этот способ дает уникальные возможности для мобильных зданий «причаливать» и становиться «ногами» на землю при любых условиях рельефа.

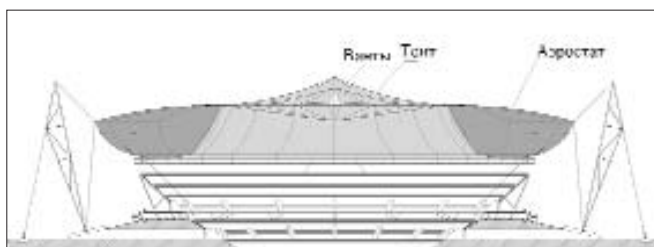
Типы и формы покрытия

В аэростатическом покрытии собственно аэростаты могут выполнять функцию покрытия как единственные самостоятельные элементы либо, применяться в сочетании и иными традиционными типами покрытий. Все аэростатические покрытия можно разделить на следующие типы:

- монообъемные;
- полиобъемные;
- комбинированные со стационарными покрытиями;
- комбинированные с тентовыми покрытиями;
- совмещенные с пневматическими покрытиями.

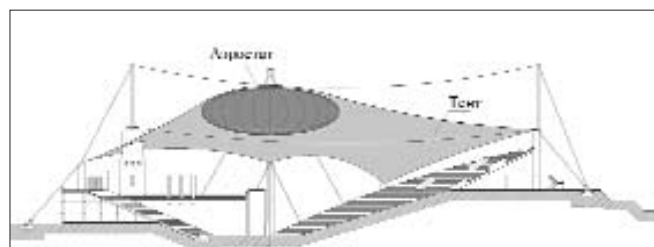
Наиболее перспективны комбинированные и совмещенные покрытия.

Сочетание аэростатов с легкими тентами особенно эффективно при необходимости покрытия больших и очень больших пространств. Усовершенствуя покрытие Сладкова и приме-



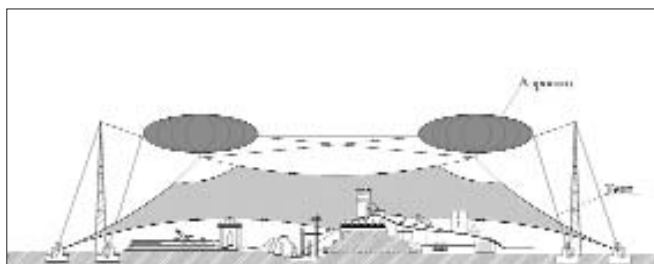
Комбинированное покрытие с тентами.

Combined coverage with tents.



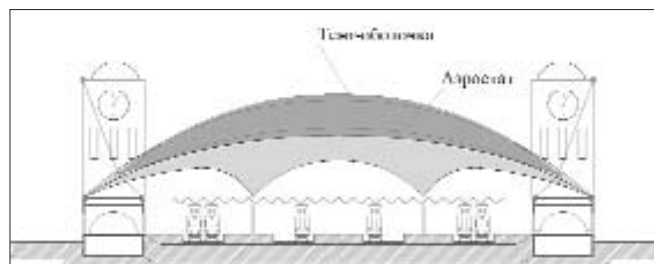
Комбинированное покрытие.

Combined coverage.



Комбинированное покрытие.

Combined coverage.



Совмещенное с пневматическим покрытием.

Combined with a pneumatic cover.

нив полужесткую систему стабилизации, можно предложить тентовое покрытие, подвешенное к одному или нескольким аэростатам, выполняющим функцию несущих элементов и заменяющим опоры, применяемые в тентовых покрытиях в подобных случаях. Аэростаты при этом должны иметь обтекаемую форму с коэффициентом уплотнения равным 2,5-3,0.

Один или несколько аэростатов могут располагаться не над, а под тентовым покрытием, поднимая его в нужных местах. Этот вариант комбинированной системы внешне не так эффектен, как предыдущий, но зато он очень рационален с точки зрения простоты монтажа и демонтажа покрытия временных и сезонных сооружений очень больших размеров. При этом он обеспечивает возможность надежной защиты от осадков и экономии на стабилизирующих растяжках, роль которых выполняет тент.

Если сделать своеобразную оболочку, герметично соединив два тента и заполнить пространство между ними газом легче воздуха с избыточным давлением, то можно получить аэростатическое покрытие, сочетающее легкость и жесткость пневматических (пневмокаркасных) конструкций с огромным разнообразием форм, характерных для тентовых покрытий.

Внутренняя конструкция аэростата

Накопленный дирижаблестроением опыт не потерял своей актуальности и может быть сейчас использован для проектирования аэростатических покрытий.

В дирижаблестроении принято делить все ди-

рижаблы на три типа в зависимости от типа внутренней конструкции: *мягкие дирижаблы, полужесткая конструкция, жесткие дирижаблы*. Основываясь на этом обширном опыте можно прогнозировать, что аэростаты для покрытий тоже будут иметь три вида внутренней конструкции с примерно такими же ограничениями по размерам (объему) как и дирижаблы:

Мягкие аэростаты с объемом от 2 до 10 тыс. м³ при $K_{упл.} = 2,5-5,0$;

Полужесткие аэростаты с объемом от 8 до 30 тыс. м³ при $K_{упл.} = 4,0-7,0$;

Жесткие аэростаты с объемом от 25 до 300 тыс. м³ при $K_{упл.} = 5,5-11,0$.

Здесь $K_{упл.}$ – отношение наибольшей длины (или диаметра) к высоте аэростата.

Материалы оболочки

Современные материалы на разнообразной синтетической основе разрабатывались с начала 1950-х гг. для прямых потомков дирижаблей – пневматических конструкций, а затем для тентовых конструкций, спортивных и рекламных аэростатов.

Различают два вида таких тканей:

- ткани, покрытые или пропитанные полимерами;
- двойные пленки с армирующим слоем между слоями пленки.

Последние годы во всем мире широкое распространение получила стеклоткань с покрытием тефлоном, специально разработанная для крупных тентовых и пневматических конструкций.

Идеальный материал еще не найден и, может

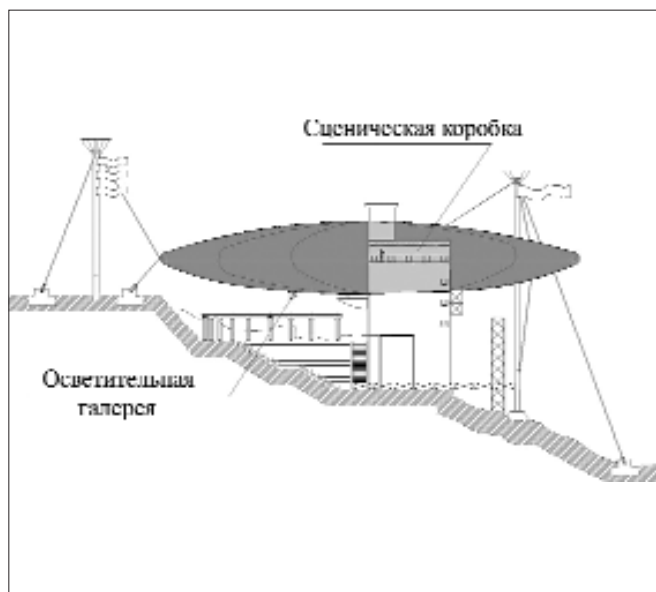
быть, это будет потомок цельнометаллических дирижаблей – мембрана из тонких листов нержавеющей стали или алюминия, а может быть, ткань типа «арамид», «кевлар», которая прочнее стали, вдвое легче стеклоткани, морозо- и огнестойкая, но пока еще недолговечна. Спрос в современном мире порождает появление материалов с заданными свойствами, и они обязательно появятся.

Оборудование

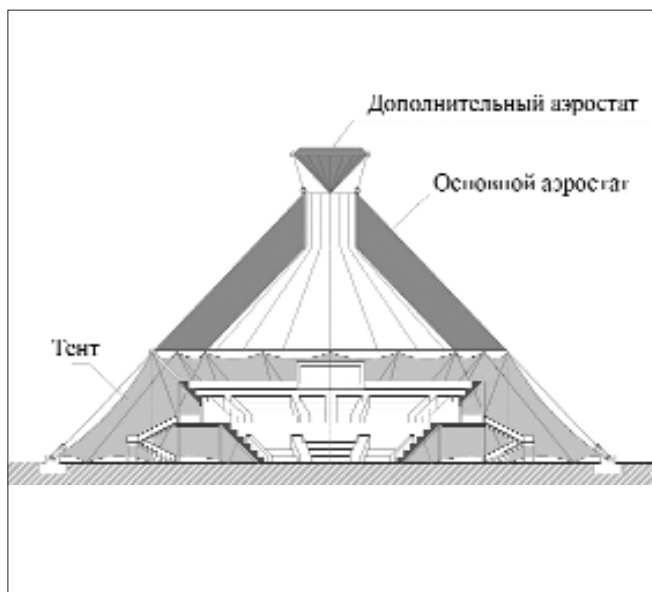
Как любое строительное покрытие, аэростатическое, кроме веса собственной конструкции, должно нести вес вентиляционного, осветительного, звукоусилительного, акустического и иного технологического оборудования.

Свобода формообразования аэростатического покрытия дает возможность легко приспособить его форму под функциональные нужды, сделав необходимые для оборудования ниши, выемки и отверстия в объеме аэростата покрытия. На примере гастрольного театра уже была проиллюстрирована возможность разместить «в теле» аэростата всю сценическую коробку с галереями, колосниками, софитами и т.д. Можно придать аэростату любую наиболее функциональную форму.

Моно- и полиобъемное аэростатическое покрытие имеет также возможность установки оборудования, обычно не применяемого в большепролетных конструкциях, несмотря на рациональность такого применения. В частности, к нижней поверхности аэростата можно подвесить обогревательные элементы инфракрасного излучения панельного или рулонного типа.



Оборудование покрытия.
Equipment of coverage.



Функциональная форма.
Functional form.

Для обеспечения инфракрасных излучателей энергией и уменьшения энергопотребления на освещение на верхней поверхности аэростата можно разместить солнечные батареи или коллекторы.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Так же как тентовые, аэростатическое покрытие без особых мер не может нести большую нагрузку от снежного покрова, т.е. в снежных районах такое покрытие надо на зиму демонтировать или «приземлять». Этого не требуется при жесткой стабилизации монообъемного и при аэростатическом покрытии, совмещенном с пневматическим.

В этих случаях аэростатическое покрытие работает как «пневмолинза» или «пневмопанель», передавая вес снеговой нагрузки на конструкции или основание покрываемого здания.

Аэростатическое покрытие позволяет без опор покрывать пространства значительно больших размеров, чем при любой другой конструкции покрытия. При этом эксплуатационные качества покрытия могут значительно повыситься, так как изготовление покрытия может производиться в заводских условиях с доставкой к месту установки в полной заводской готовности (с оборудованием) путем буксировки по воздуху.

Время и трудозатраты на установку, демонтаж и перемещение аэростатического покрытия значительно сокращаются по сравнению с любой известной системой покрытия. Нагрузки от веса аэростатического покрытия на конструкции покрываемых зданий и их основания равны нулю или направлены вверх, что

дает особые преимущества для экономии средств и трудозатрат при сложных и особо сложных условиях строительства. В частности:

- в труднодоступных местностях, удаленных от баз индустриального строительства;
- на сложном, крутом рельефе;
- на слабых и просадочных грунтах;
- на вечной мерзлоте (сезонные здания);
- при высокой сейсмической активности;
- при особых экологических, археологических, геологических и иных требованиях к сохранению почвы, рельефа, растительного и культурного слоя;
- при необходимости в кратчайшие сроки соорудить временное покрытие (с последующим его перемещением в другое место), например, для проведения олимпиад, чемпионатов, массовых праздничных мероприятий и т. д.;
- при необходимости срочного устройства временного покрытия над производственными объектами.

Что касается функционального назначения покрываемого здания или сооружения, то это может быть любое временное или капитальное, общественное или производственное здание, либо сооружение, требующее безопорных покрытий. Например: спортивная арена, театр, цирк, выставочный или концертный зал, музей, археологические раскопки, оранжерея, парк развлечений, аквапарк, вокзал, храм, культовое сооружение, рынок, поле для массовых мероприятий, ангар, цех и т.д. Аэростатические покрытия позволяют легко решить не решенную пока проблему полного покрытия всех Олимпийских стадионов без их реконструкции.

PS В реальной действительности нет еще ни одного аэростатического покрытия, ни в виде опытного образца, ни в модели, ни в проекте. Тем не менее, можно построить своеобразное «генеалогическое дерево» еще не родившейся аэростатической архитектуры.

Очень важно, чтобы с самого начала аэростатические покрытия рассматривались не просто как утилитарная часть здания или сооружения, не только в качестве рациональной экономической конструкции, а как средство создания незабываемых, ярких, возвышенных пространственных образов.

Идея свободного полета, идея воздухоплавания может и должна возрождаться в мечте о ВОЗДУХОПЛЯЩЕЙ АРХИТЕКТУРЕ.

Полный текст статьи см. www.moskvarch.ru

