

Аэростатическая архитектура

Теория безопорных аэростатических покрытий

текст
Виктор Логвинов

Введение

*Мечта никогда не бывает старой.
Мечта всегда молода, нова, загадочна
неведома и таинственно туманна до
того момента, когда она превратится в
реальность, уступив место новой мечте.*

1. Авторское свидетельство
СССР № 826771, 1977 г.

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

Мифический изобретатель и архитектор Дедал первым сделал крылья для себя и своего безрассудного сына Икара. Реальный ученый, художник и архитектор Леонардо да Винчи воплотил мечту в целой серии проектов летательных аппаратов.

Кто в реальности первым поднял в небо летательный аппарат? Может, это был безымянный китайский ученый еще в XVI веке, а может, рязанский подьячий Крикутной в 1731 году? Неизвестно. Но известна дата официального рождения воздухоплавания. 5 июня 1783 года братьями Этьеном и Жозефом Монгольфьер был поднят в воздух аэростат, открывший эру воздухоплавания – сто пятидесятилетнюю гонку идей, изобретений, экспериментов, испытаний, проектов, триумфов и катастроф.

Сейчас трудно себе представить тот энтузиазм и вдохновение, которые все это время сопровождали воздухоплавание. В каждом уважающем себя городе учреждался Клуб воздухоплателей; в воздух поднимались сотни экспериментальных летательных аппаратов самых причудливых форм, собирая огромные толпы зевак.

Все передовые достижения науки и техники в первую очередь применялись в воздухоплавании, которое по уровню общественного и государственного внимания можно было сравнить только с космонавтикой второй половины XX века. Дирижабли казались триумфом человеческой мысли и символом прогресса техники.

Лучшие ученые и инженеры полтора века бились

над главными проблемами дирижаблестроения – управляемостью и надежностью.

Через 154 года после рождения, 6 мая 1937 года, эпоха воздухоплавания внезапно закончилась и общество отвернулось от воздухоплавания. Считается, что причиной этого является гибель гигантского дирижабля LZ-129 «Гиндербург», однако конец был предreshен задолго до трагедии.

Первые, кто отвернулся от воздухоплавания, были военные. Гигантские размеры дирижаблей породили их тихходность и плохую управляемость, делая их не только игрушкой стихии, но и прекрасной мишенью для самолетов и наземных орудий.

Несмотря на гибель более сотни дирижаблей в Первой мировой войне (был уничтожен практически весь воздухоплавательный флот), развитие дирижаблестроения пошло по пути еще большего увеличения размеров аппаратов. Колоссальные, величественно плывущие в небе сигары производили на публику огромное впечатление, но окончательно похоронили надежды на их военное использование.

Трагедия в Нью-Йорке, унесшая жизни 35 людей (из 97 находившихся на борту «Гиндербурга»), вызвала в обществе шок, но не количеством человеческих жертв, а публичностью и грандиозной масштабностью.

Восхищенное ожидание общества на широко разрекламированное гражданское воздухоплавание было глубоко обмануто, и общество и, что важнее, государства и финансисты сделали выбор в пользу «техники двойного назначения» – авиации.

Идеи дирижаблестроения нашли продолжение (в неизмеримо меньших объемах) в стратостатах, аэростатах заграждения во Второй мировой войне и в рекламном бизнесе.

Однако подобно тому, как парусное 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.

Борясь с собственным весом каменных конструкций, гениальные архитекторы эпохи Возрождения мечтали покорить рекорд бетонного купола Пантеона (диаметр 43,5 м), построенного еще в 128 году новой эры в Риме.

Пролеты более 100 метров покорились инженерам только в конце XIX века с появлением легких металлических конструкций. Хотя проекты воздухонапорных куполов с пролетами более 300 метров публиковались с конца 30-х годов, 200-метровый пролет был покорен только в 1975 году.

Несмотря на острую необходимость в покрытии больших арен стадионов для летних Олимпийских игр, еще ни одна олимпийская арена полностью не перекрыта.

Не имея возможности преодолеть силу тяжести физически, архитекторы преодолевают ее в образах зданий в форме взлетающей тарелки, птицы или

Рис.1



некоей невесомой кинетической скульптуры.

Почему архитекторы до сих пор не обратились к опыту воздухоплавания, а воздухоплататели не обратили внимания на мечты архитекторов? Вероятно, это парадокс XX века – века «узкой специализации».

История

Идея использования аэростатов в качестве «большепролетного» покрытия в прямом и переносном смысле витает в воздухе с 70-х годов прошлого века. Главный «родовой» недостаток аэростатов и дирижаблей – их гигантские размеры при использовании этих аппаратов для покрытия больших пространств чудесным образом становится их главным достоинством, т. к. чем больше и легче такое покрытие, тем лучше.

При этом аэростат, используемый как покрытие, не должен, дожидаясь погоды, причаливать и отчаливать с риском для жизни экипажа. Такой аэростат никуда не должен лететь и, следовательно, скорость полета и его управляемость не имеют никакого значения.

Гигантский для строительных покрытий размер в 240 метров (длина Большой спортивной арены в Лужниках) был преодолен в дирижаблестроении еще в 1936 году печально знаменитым дирижаблем «LZ-129».

И это далеко не предел размера для аэростатов, ведь «LZ-129» должен был еще и летать со скоростью 135 км/ч и нести 84 тонны полезной нагрузки, включая 60 тонн горючего и 50 пассажиров.

Главный враг большепролетных конструкций – собственный вес, который 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 года, отразившись в нескольких эскизах «летающих тарелок», зависающих над олимпийскими стадионами.

Так как Большая спортивная арена стадиона в Лужниках для реализации идеи такого масштаба казалась «мелковатой», то эскизировалось покрытие над спортивной ареной, подобной колоссальному недостроенному Московскому стадиону им. Сталина в Измайлово. Но по неясной тогда для автора причине этот стадион был перенесен почему-то в местность, очень напоминающую Имеретинскую долину в Сочи.

Продолжение эта идея нашла в эскизах проекта гастрольного театра для международного конкурс ОИСТАТ, объявленного в 1982 году. 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, опершись 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



послеавтра / after tomorrow

воздух в изобретении российских инженеров. В том же, 1982 году было официально опубликовано описание изобретения С. И. Сладкова¹.

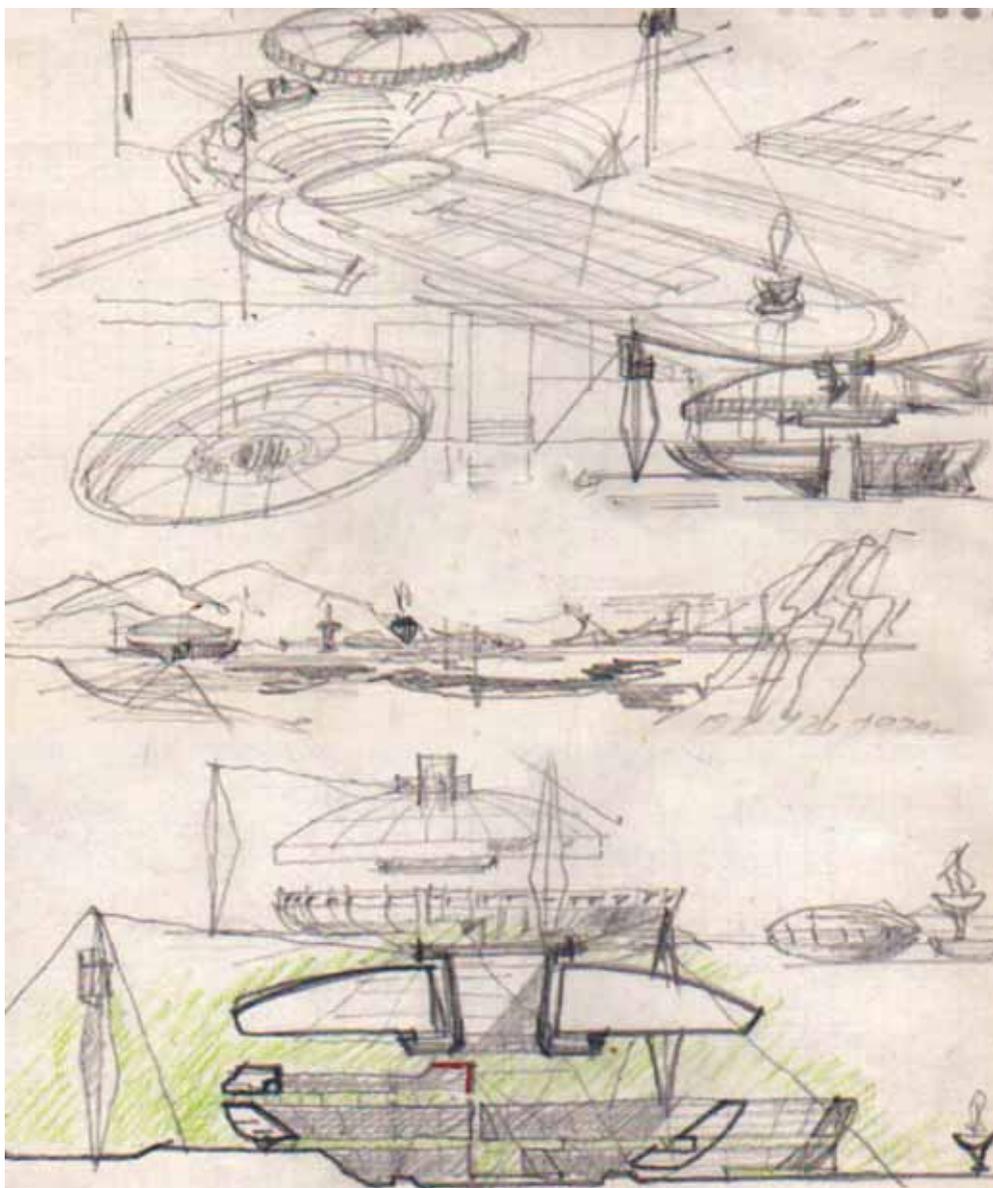
Покрытие стадиона предлагалось выполнить в виде тента из синтетической прозрачной ткани, который поднимался вверх несколькими «баллонами – аэростатами» шаровидной формы, наполненными газом легче воздуха, например, гелием.

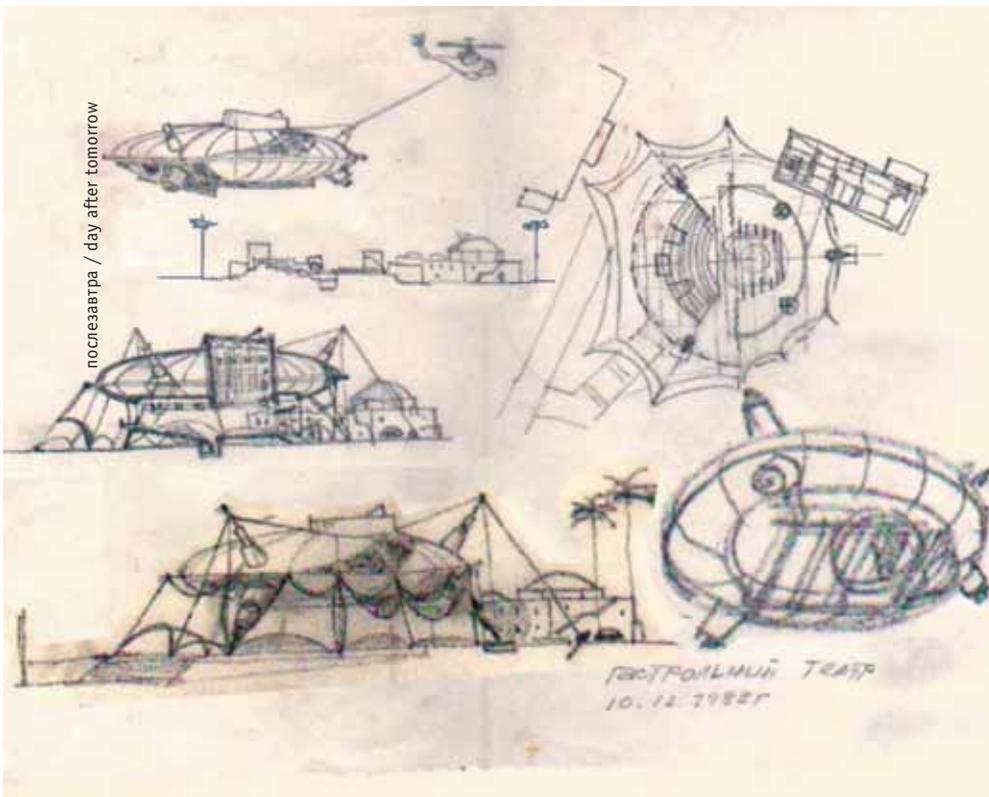
С целью ускорения и упрощения монтажа между землей, тентом и аэростатами устраивалась хитроумная система лебедок, петель, крепежных и стягивающих канатов.

Идея подвешенного к аэростату тента была развита в изобретении того же автора (1984 г.). В этом изобретении в качестве подсобного элемента, обеспечи-

Рис.2

Рис. 3. Олимпийский стадион

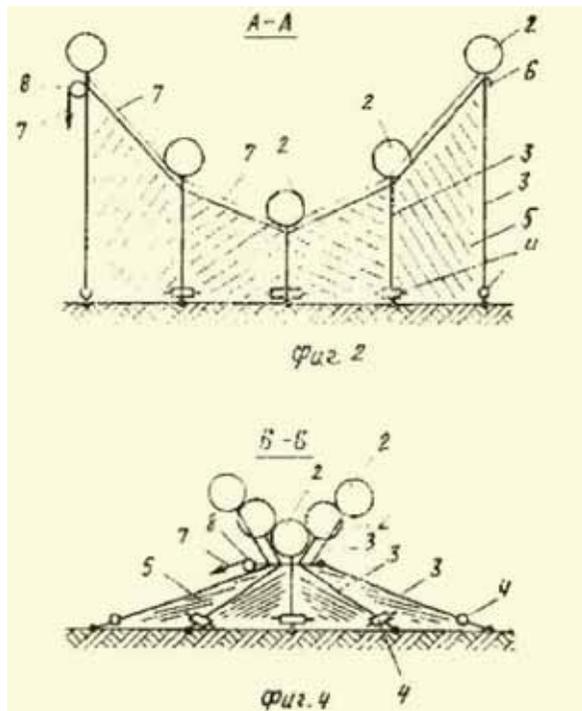




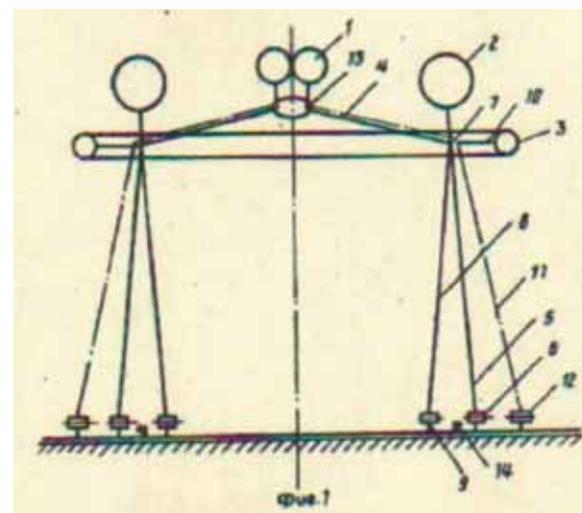
^ Рис. 4. Гастрольный театр

- 2. Авторское свидетельство СССР № 910010, 1980 г.
- 3. Авторское свидетельство СССР № 1260492, 1986 г.
- 4. Патент на изобретения Японии № JP 7247731, 1955 г.
- 5. Патент на полезную модель РФ № RU 56421, 2006 г.
- 6. Решение о выдаче патента на полезную модель РФ, заявка № 2010104031, 2010 г. То же. № 2010104032, 2010 г.; № 2010104033, 2010 г.; № 2010104034, 2010 г.; № 2010104035, 2010 г.; № 2010104036, 2010 г.

> Рис. 5. Покрытие 1 С. И. Сладкова



> Рис. 6. Покрытие 2 С.И. Сладкова



вающего неизменяемость покрытия в плане, впервые появился «аэростат в форме тора»².

Через два года (в 1986 г.) в изобретении Б. Н. Наровского аэростат в форме тора стал уже главным элементом, несущим те же тенты названные оболочками³.

Характерно, что автора больше занимала не идея парящего в воздухе покрытия, а идея возможности изменения кривизны нижней оболочки (и изменения эффектов отражения) за счет заполнения воздухом полостей между оболочками.

Покрытие в виде аэростата в форме плоского, овального в плане, диска над отверстием в стационарной крыше стадиона впервые было запатентовано в Японии только в 1995 году корпорацией SHIMIZU CONSTRUCTION CO LTD⁴.

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.

Покрытия могут подниматься или опускаться при перепадах температуры и давления в атмосфере и внутри аэростата, при изменении полезной нагрузки (снег, дождь) или под действием подпора теплого воздуха снизу при большом тепловыделении от земли или в покрываемом пространстве.

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 году предложил сочетание аэростата и тента, притянутого по периметру своеобразной «шнуровкой» из большого количества канатов. Натяжение каждого каната производилось управляемой компьютером электролебедкой, что потребовало датчиков работы всех конструкций и датчиков изменения погодных условий⁵.

На этом исчерпывается история изобретений и полезных моделей в данной области знания. Все предложенные в последующем тексте решения запатентованы автором статьи В. Н. Логвиновым⁶.

Термины и определения

Уже из обзора патентов ясно, что терминология данной области не устоялась, что вполне естественно для неведомых еще конструкций. Одни и те же элементы в описании разных изобретений и полезных моделей назывались по-разному.

В первую очередь это относится к главным несущим элементам покрытий легче воздуха. Они назывались: баллонами-аэростатами, несущими элементами, оболочками, просто аэростатами и даже загадочными пневмокрасными (вероятно, пневмокаркасными) элементами.

Столь же разнообразны и названия изобретений и названия покрытий и элементов их крепления. Путаницу вносит и терминология воздухоплавания, и невозможность применения терминологии строительства.

Большинство источников термин АЭРОСТАТ определяют как «летательный аппарат легче воздуха». А если он куда летать не должен, а должен висеть, или точнее, «парить» над зданием или сооружением? Разве суть АЭРОСТАТА от этого изменится? И он должен называться как-то по-другому?

Вместо изобретения новых названий для давно известных устройств проще дать им более общее определение: АЭРОСТАТ – герметичная оболочка, наполненная газом легче воздуха или теплым воздухом.

Соответственно: АЭРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОКРЫТИЕ – покрытие зданий и сооружений, в котором используются аэростаты в качестве несущих элементов. Греческие корни слова AEROSTAT (aer – воздух; states – стоящий, неподвижный, т. е. неподвижно стоящий в воздухе) дают основание считать, что это слово больше подходит к привязным аэростатам и к аэростатам покрытия, чем к летательным аппаратам.

Переводя этот термин на русский язык, можно дать еще более точное определение. Так как слова «стоящий», «стоять», «стойка» означают «стоящий на чем-то», а здесь покрытие ни на чем не стоит, то точный перевод слов «аэростатическое покрытие» – ВОЗДУХОПАРЯЩЕЕ ПОКРЫТИЕ.

Отсюда более общее понятие АЭРОСТАТИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА или ВОЗДУХОПАРЯЩАЯ АРХИТЕКТУРА. Почему именно «архитектура», а не «конструкции» (по аналогии с «пневматическими конструкциями»), будет объяснено в заключении к данной статье.

Перейдя на терминологию строительства, становится понятно, что и она нуждается в корректировке. Так, распространенное понятие «большепролетное строительное покрытие», строго говоря, не применимо к аэростатическим покрытиям, т. к. почти воздухоплавательный термин «пролет» означает в строительстве расстояние между опорами, которых в данном случае просто нет. Кроме того само слово «строительное» не подходит к покрытию, которое может «приплыть» по воздуху к месту «причаливания» уже в готовом виде.

Аэростатическое покрытие – это абсолютно новое и неизвестное явление, для обозначения которого нет еще слова ни в одном словаре, т. к. это БЕЗОПОРНОЕ ПОКРЫТИЕ.

Для приведения понятийного аппарата к единообразию 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, т. к. они стоят на земле и работают на сжатие, подобно обычным стойкам в стоечно-балочном покрытии.

Определение разных типов аэростатических покрытий и их элементов будут даны по ходу раскрытия их сути в следующих разделах.

Область применения

Из предыдущего раздела становится ясно, почему автор этих строк, еще не проводя расчетов, интуитивно размещал аэростатические покрытия то в субтропиках, то в пустыне.

Так же как тентовые, аэростатическое покрытие без особых мер (и соответствующего удорожания) 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 покрытия (рис. 14, 15) и при аэростатическом покрытии, совме-

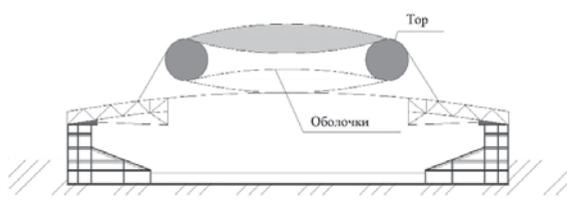


Рис. 7. Пневматическое покрытие Б.Н. Наровского

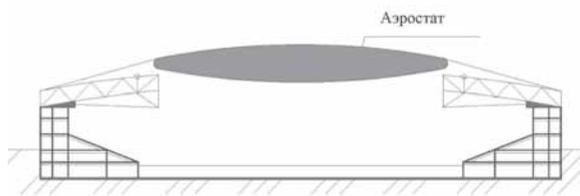


Рис. 8. Покрытие стадиона SHIMIZU. Construction Co. Ltd

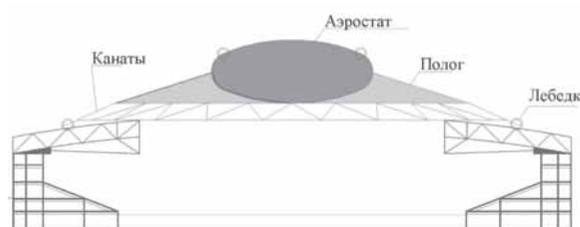


Рис. 9. Аэростатическая опора крыши Р.И. Билалова

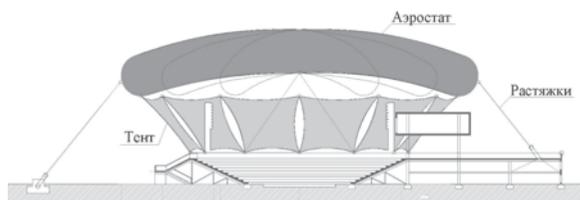


Рис. 10. Гибкая стабилизация

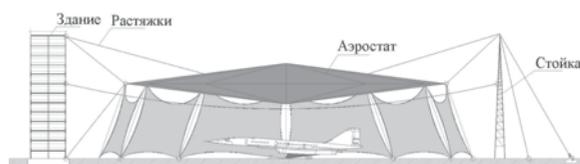


Рис. 11. Полу жесткая пространственная стабилизация

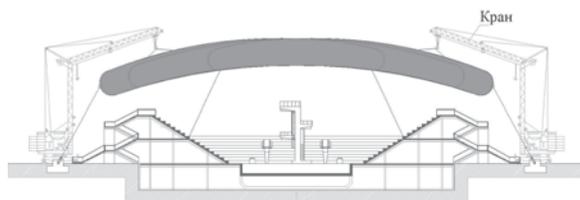


Рис. 12. Полу жесткая пространственная стабилизация

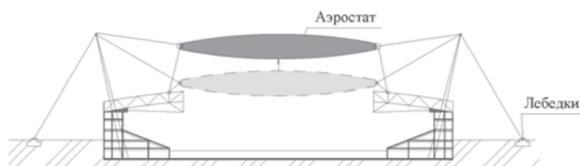


Рис. 13. Трансформирующая крыша

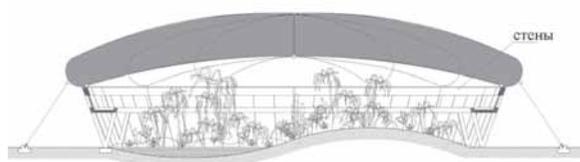


Рис. 14. Жесткая стабилизация с притягиванием к конструкции

Рис. 15. Жесткая стабилизация с опорами

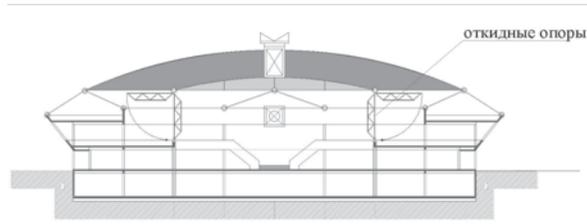


Рис. 16. Жесткая стабилизация

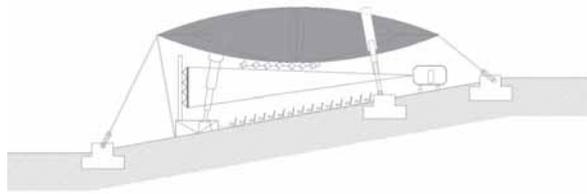


Рис. 17. Полиобъемное покрытие



Рис. 18. Комбинированное покрытие

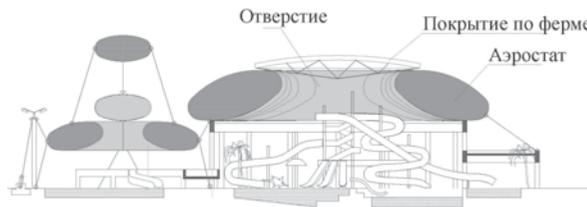


Рис. 19. Комбинированное с тентами

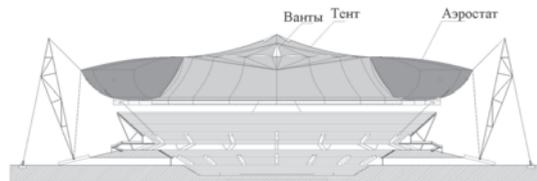


Рис. 20. Комбинированное покрытие

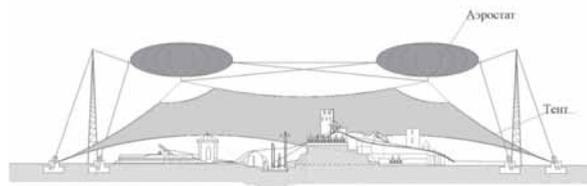


Рис. 21. Комбинированное покрытие

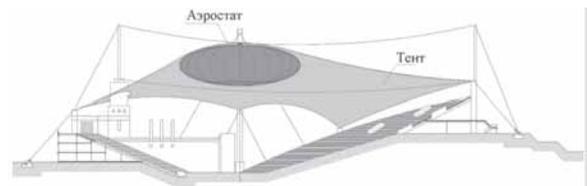
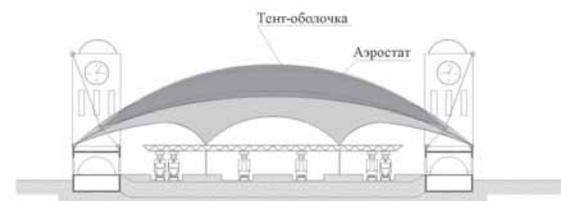


Рис. 22. Совмещенное с пневматическим покрытие



щенном с пневматическим (рис. 22).

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

За исключением этого ограничения, область применения аэростатических покрытий практически безгранична. Аэростатическое покрытие позволяет без опор покрывать пространства значительно больших размеров, чем при любой другой конструкции покрытия. При этом эксплуатационные качества покрытия могут значительно повыситься, т. к. 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 устроить 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.

Заключение

В реальной действительности нет еще ни одного аэростатического покрытия: ни в виде опытного образца, ни в модели, ни в проекте. Конечно, практика откорректирует некоторые умозрительные построения, уточнит и разовьет методики расчетов, создаст новые материалы, методы и способы. Но то, что аэростатические покрытия нужны и возможны не вызывает никаких сомнений, т. к. это реальная мечта, доказанная уже теоретически. Можно даже построить своеобразное «генеалогическое дерево» еще не родившейся аэростатической архитектуры.

Любое новое направление развития техники подобно дирижаблю: оно имеет периоды подъема, бурного взлета, замедления, спуска, а иногда и катастрофического падения. Например, идея пневматических конструкций, зародившись как новое, яркое направление

инженерной мысли, достигнув апогея в павильоне в США на выставке ЭКОПО-70, блеснув в нескольких интересных постройках и проектах, поражающих воображение своими масштабами, «приземлилась» в виде чисто утилитарных временных строений – «геостатов» – приземистых, невыразительных ангаров и складов.

Таких строений возведено уже сотни тысяч – более 50 млн кв. м. Но кто, кроме узких специалистов, об этом знает? Кому это приносит радость?

Иная судьба у зародившейся чуть позже идеи тентового покрытия. Она подарила миру, быть может, самый замечательный, самый красивый за всю историю Олимпийских игр спортивный комплекс – «Мюнхен-72».

Здесь техника неразрывно слилась с пользой и красотой, поднявшись до высот искусства. И, вероятно, поэтому, уже около 40 лет тентовые сооружения продолжают развиваться, удивлять, держа высокую планку искусства организации пространства – 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. Ведь создаются эти пространства специально для крупных общественных зданий и сооружений, собирающих огромные массы людей для праздника общения с силой, здоровьем, красотой, Богом.

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

Литература

Полозков Н. П., Сорокин М. А. Воздухоплавание. – Воениздат, 1940.

Ермолов В. В., Бэрд У. А. и др. Пневматические строительные конструкции. – Стройиздат, 1983.

Популярная механика. – 2010. – № 3.



^ Рис. 26. Функциональная форма

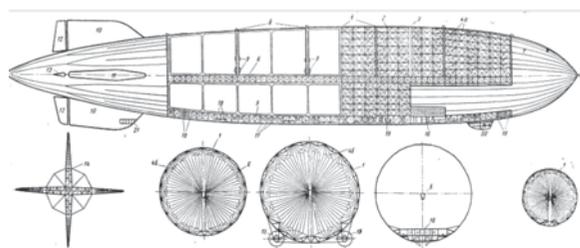


Рис. 23. LX-129

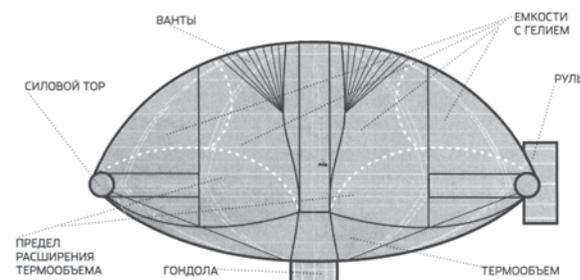


Рис. 24. Схема локомоскайнера



Рис. 25. Оборудование покрытия

