

**Компоновка покрытий  
седловидными  
напряженными сетками и  
работа несущих систем**



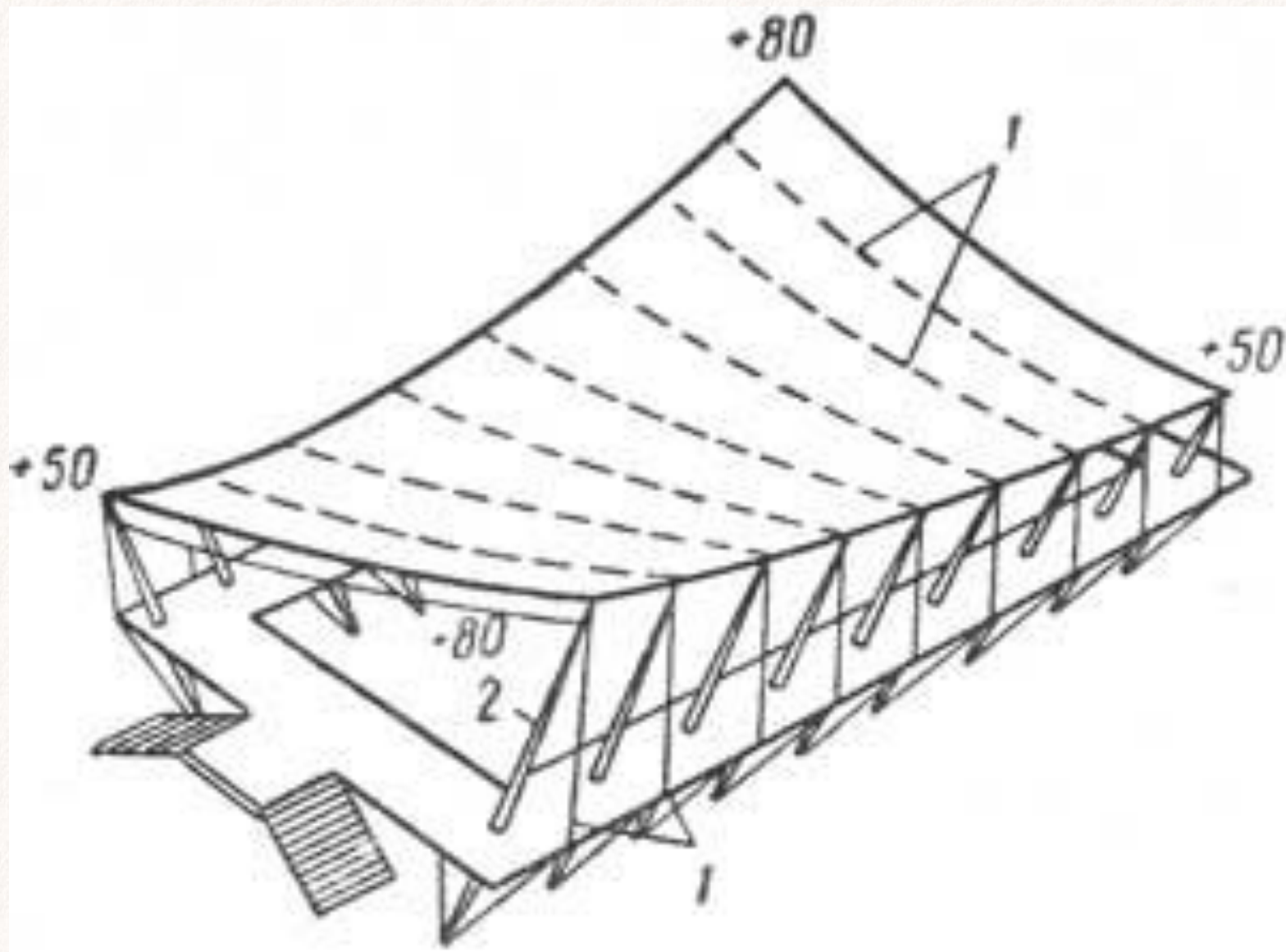
# Содержание

- 1 Характеристика.
- 2 Несущая система.
- 3 Примеры.
- 4 Литература.



**Седловидное покрытие** представляет собой систему, состоящую из напряженной сетки, имеющей чаще всего поверхность гиперболического параболоида и жесткого или комбинированного опорного контура. Сетки образуются двумя семействами ортогонально расположенных взаимно перпендикулярных тросов, одни из которых несущие (вогнутые), другие — стабилизирующие (выпуклые).






В зависимости от конструкции опорного контура можно создавать разнообразные по композиционному решению архитектурно-конструктивные формы седловидных покрытий и зданий в целом, благодаря чему седловидные сетки получили широкое распространение в практике строительства.





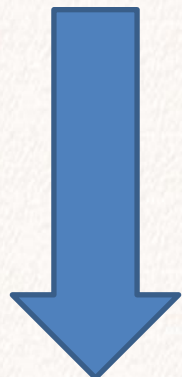
# Покрытия из седловидных сеток устанавливают над



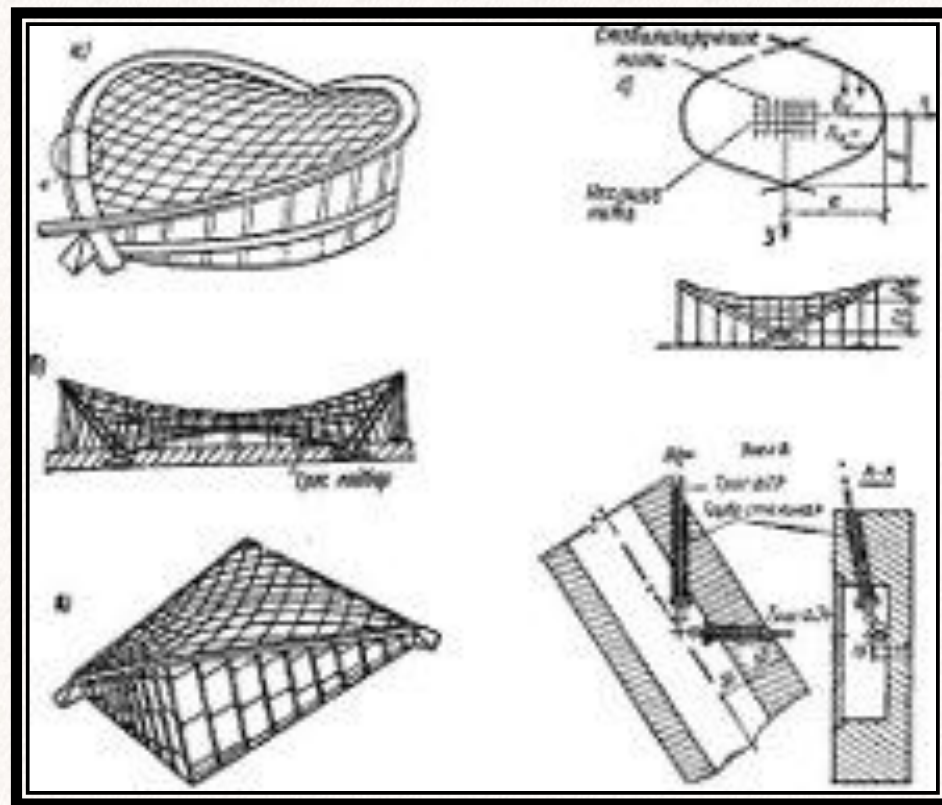
Стационар-  
ными  
сооружени-  
ями

Времен-  
ными  
сооруже-  
ниями

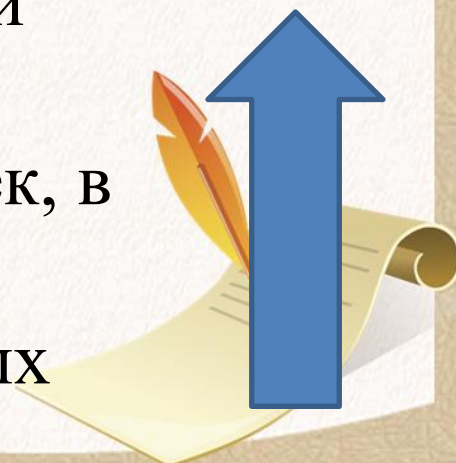




**ограждающие  
конструкции  
покрытия  
выполняют из  
металлических  
панелей с  
эффективным  
утеплителем**



**из тканевых или  
синтетических  
мягких оболочек, в  
том числе  
светопрозрачных**



**Система седловидных сеток  
может быть применена в  
качестве**

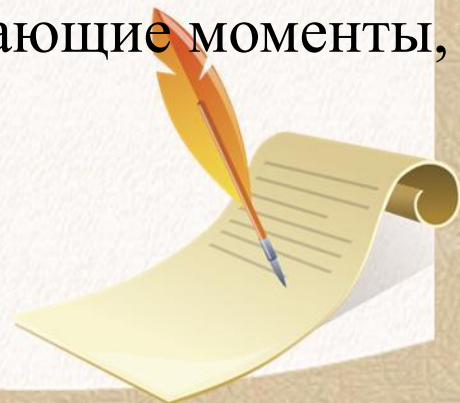
Несущая конструкция

В качестве «постели»  
под стальное  
мембранное покрытие

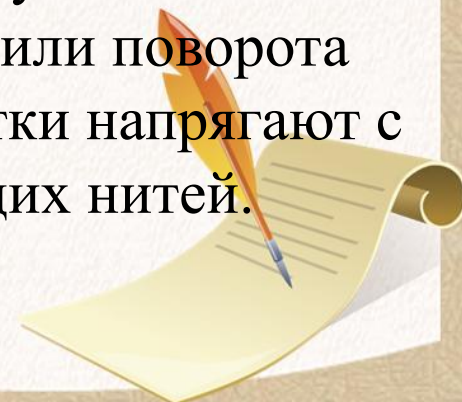




- Работа седловидных сетей отличается также от работы двухпоясных систем тем, что каждому несущему тросу соответствует не один стабилизирующий, а совокупность всех стабилизирующих тросов, т. е. система в целом работает как пространственная.
- Эффективность седловидных систем в большой степени зависит от материалоемкости опорного контура. Снизить расход материалов на контур можно, проектируя его безизгибным в виде параболических наклонных арок и эллиптического или круглого пространственного кольца. Однако безизгибность контура имеет место только при постоянных равномерно распределенных по покрытию нагрузках. При одностороннем действии временной нагрузки в опорном контуре появляются изгибающие моменты, требующие увеличения мощности контура.



- Седловидные покрытия рассчитывают на воздействие вертикальных от собственного веса и снега и горизонтальных ветровых нагрузок. Точный расчет покрытий осуществляется методами строительной механики с применением ЭВМ как многократно статически неопределимых систем. Приближенный расчет седловидных конструкций с учетом сохранения предварительного напряжения стабилизирующего троса при полной вертикальной расчетной нагрузке может быть произведен аналогично расчету двухпоясных систем. В качестве расчетных нитей принимают нити, расположенные в плоскостях главных осей седловидной сетки
- Расчет арочного или сложного замкнутого контуров производят по аналогии с расчетами арок и контуров в оболочках двойкой кривизны. Стабилизацию седловидных сеток осуществляют путем натяжения стабилизирующих нитей с помощью устройств или поворота опорного контура на определенный угол. Реже сетки натягивают с помощью предварительного пригруза несущих нитей.



# Различают три типа седловидных систем

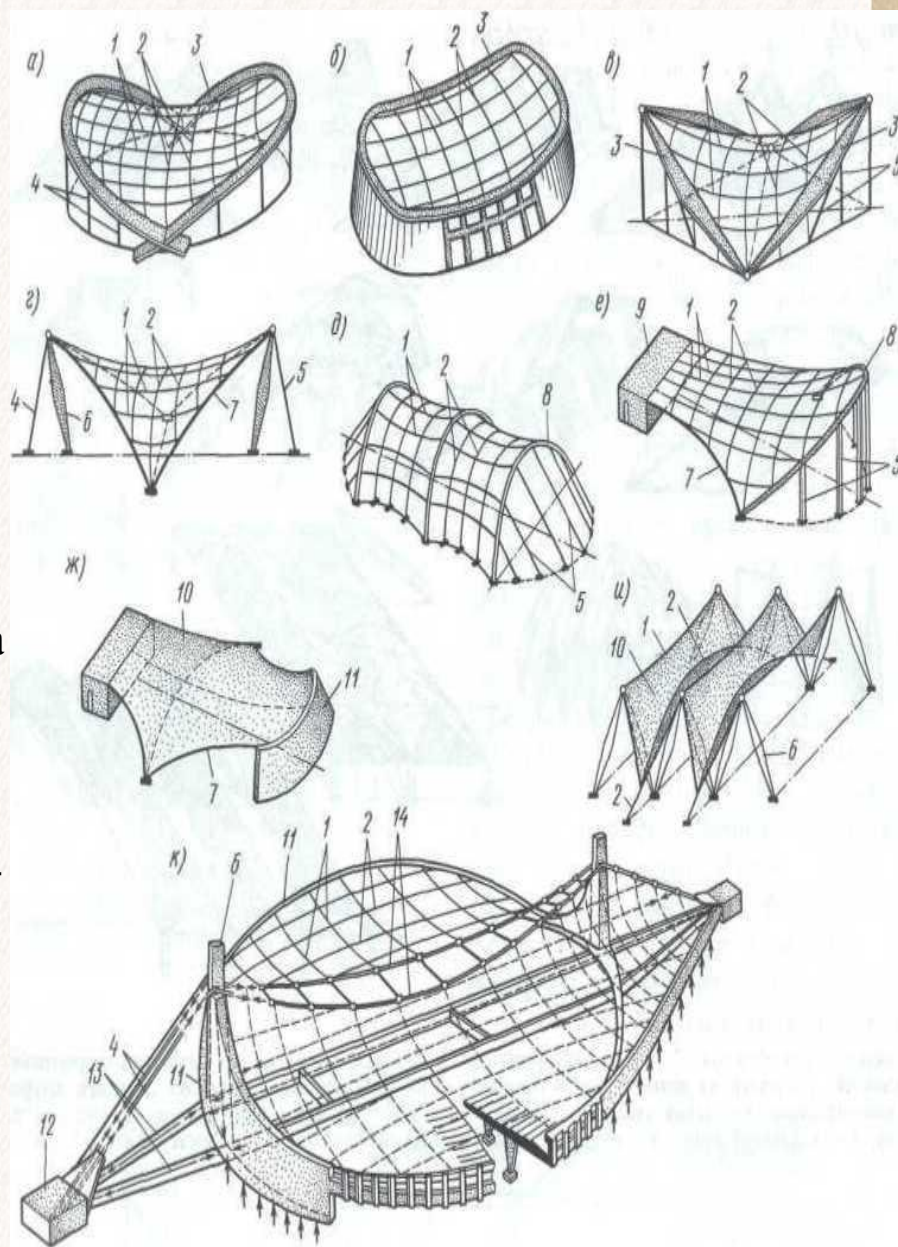
- Покрытия с передачей распоров от несущих и натягающих нитей на наклонные или вертикальные арки;
- Покрытия, у которых анкерной конструкцией служит замкнутое кольцо или пояс сложной формы;
- Системы с передачей распора на краевые тросы (подборы), которые могут быть закреплены в анкерах или на стрелах, оттяжках и т.п

# Достоинства седловидных висячих конструкций

- наиболее полное использование несущей способности высокопрочных сталей;
- совмещение в одной конструкции несущих и ограждающих функций, благодаря которому дополнительно снижается масса покрытия;
- сейсмостойкость;
- их использование позволяет создавать самые разнообразные архитектурные формы зданий и сооружений.



**Висящие за ранее напряженные покрытия**  
**облегченного типа: а — седловидное по**  
**аркам, б — то же. с опиранием на изогнутый**  
**контур, « — гиперболический параболоид**  
**(гипар) с жестким контуром, г — то же, с**  
**контуром в виде троса-подбора, д — то же,**  
**по вертикальным аркам, е — покрытие с**  
**опиранием на жесткий опорный диск либо**  
**объем и наклонную арку, ж — тентовое**  
**покрытие с опиранием на жесткий диск и**  
**устойчивую стенку, и — то же, с опиранием**  
**на несущие ii стабилизирующие тросы, к —**  
**покрытие, опертое по продольной оси на два**  
**основных троса просветом 126 м, 1 —**  
**несущие тросы, 2 — предвари тельно**  
**напряженные стабилизирующие тросы, 3 —**  
**жесткий опорный контур, 4 — оттяжки, 5 —**  
**стойки-оттяжки, б — опорные мачты, 7 —**  
**трос-подбор, 8 — опорные арки, 9 —**  
**опорный объем, 10 — тент, 11 — устойчивая**  
**стенка, 12 — опорный узел, 13 —**  
**железобетонные балки-распорки, 14 —**  
**главные тросы, поддерживающие сетчатое**  
**покрытие**



## Велотрек в Крылатском (Москва):

общий вид;

а – разрез;

б – план покрытия;

1 – стальная мембрана;

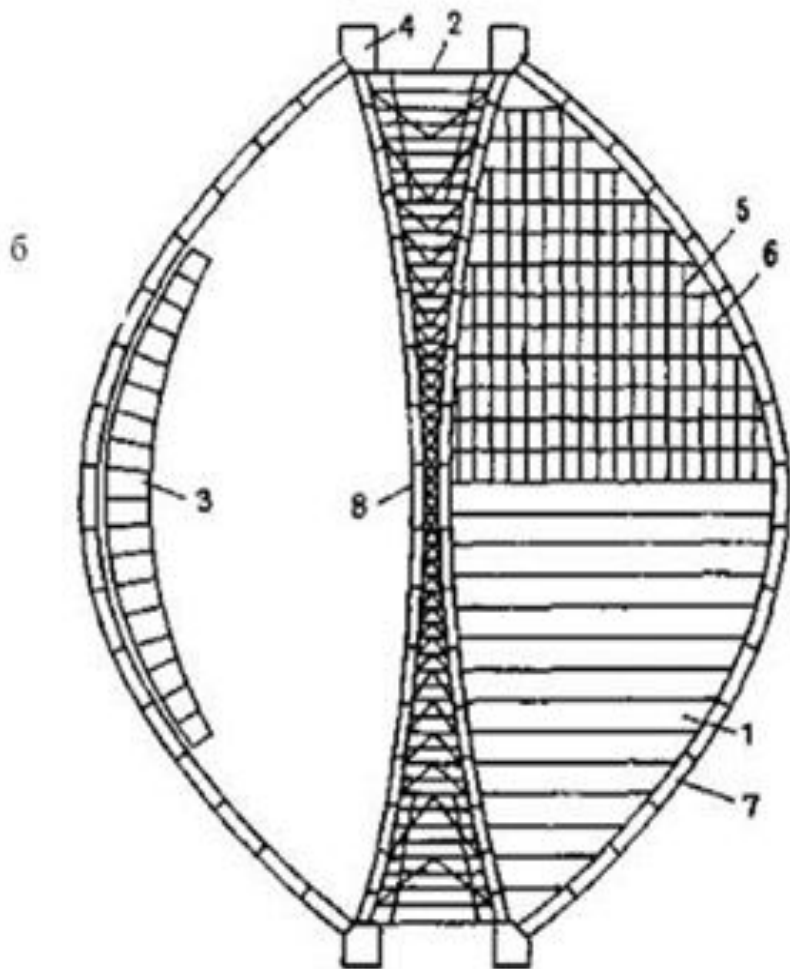
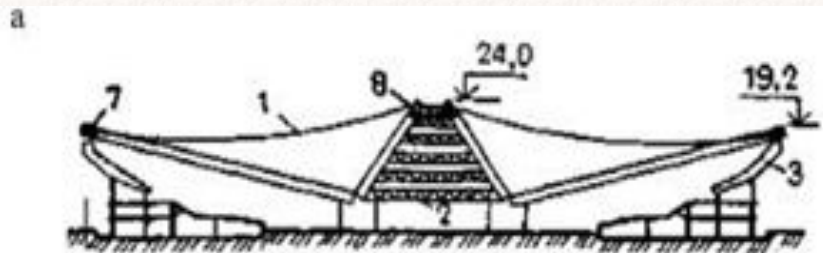
2 – ферма;

3 – консоли трибун;

4 – фундамент;

5, 6 – стальные прогоны  
«постели»;

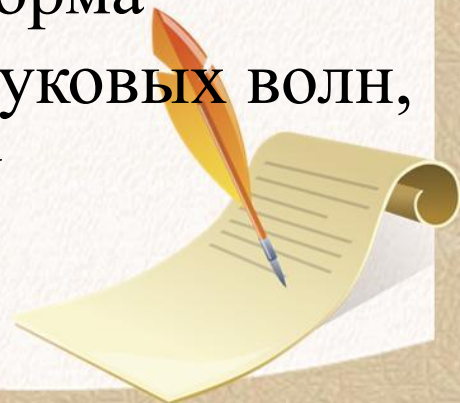
7, 8 – стальные арки  
опорного контура



Композицию покрытия образуют два «крыла» — мембраны. Каждое крыло представляет собой седловидную мембрану на опорном контуре из двух стальных арок, расположенных под разным углом к горизонту. Оба опорных контура крыльев пролетом по 168 м объединены друг с другом раскосной хребтовой конструкцией со светопрозрачным заполнением. Внутри каждого опорного контура крыла выполнена седловидная постель из взаимно перпендикулярных направляющих — стальных полос и швеллеров с устройством по ней мембранного покрытия. Каждую из наружных наклонных арок опорного контура поддерживают по 10 промежуточных опор, воспринимающих вертикальные нагрузки покрытия. Затяжки арок расположены ниже уровня пола

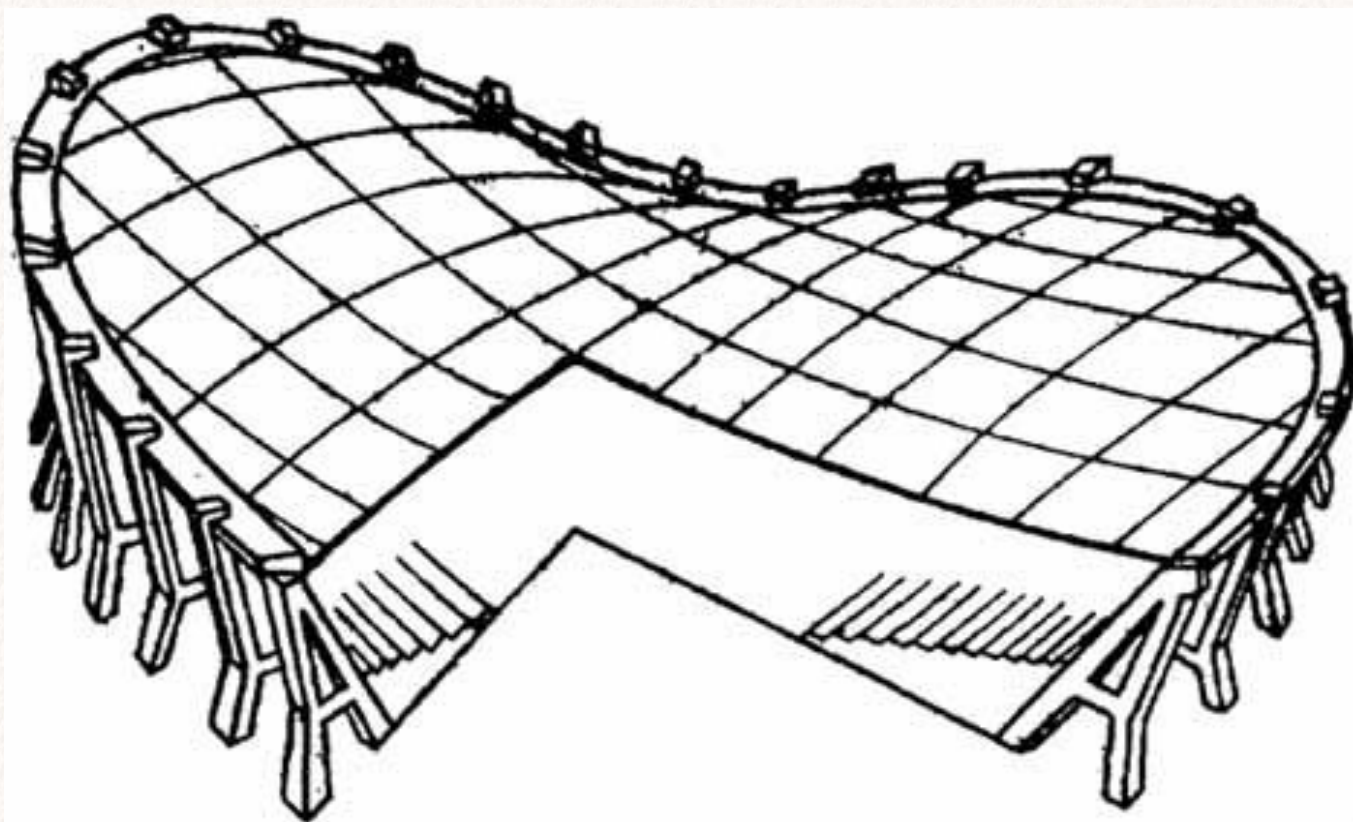


Несущая система седловидного покрытия состоит из группы рабочих провисающих тросов и перпендикулярной им группы стабилизирующих тросов с выгибом вверх. Рабочие тросы воспринимают вес покрытия и снеговую нагрузку, стабилизирующие - отрицательную ветровую нагрузку (отсос), обеспечивая аэродинамическую устойчивость системы. В покрытии с поверхностью отрицательной кривизны предварительное напряжение обеспечивает стабилизацию системы. В таких покрытиях легко организовать наружный водоотвод, а их форма способствует рассеиванию отраженных звуковых волн, что улучшает пространственную акустику перекрываемого зала.





# Сетчатое седловидное покрытие с опиранием на изогнутое кольца

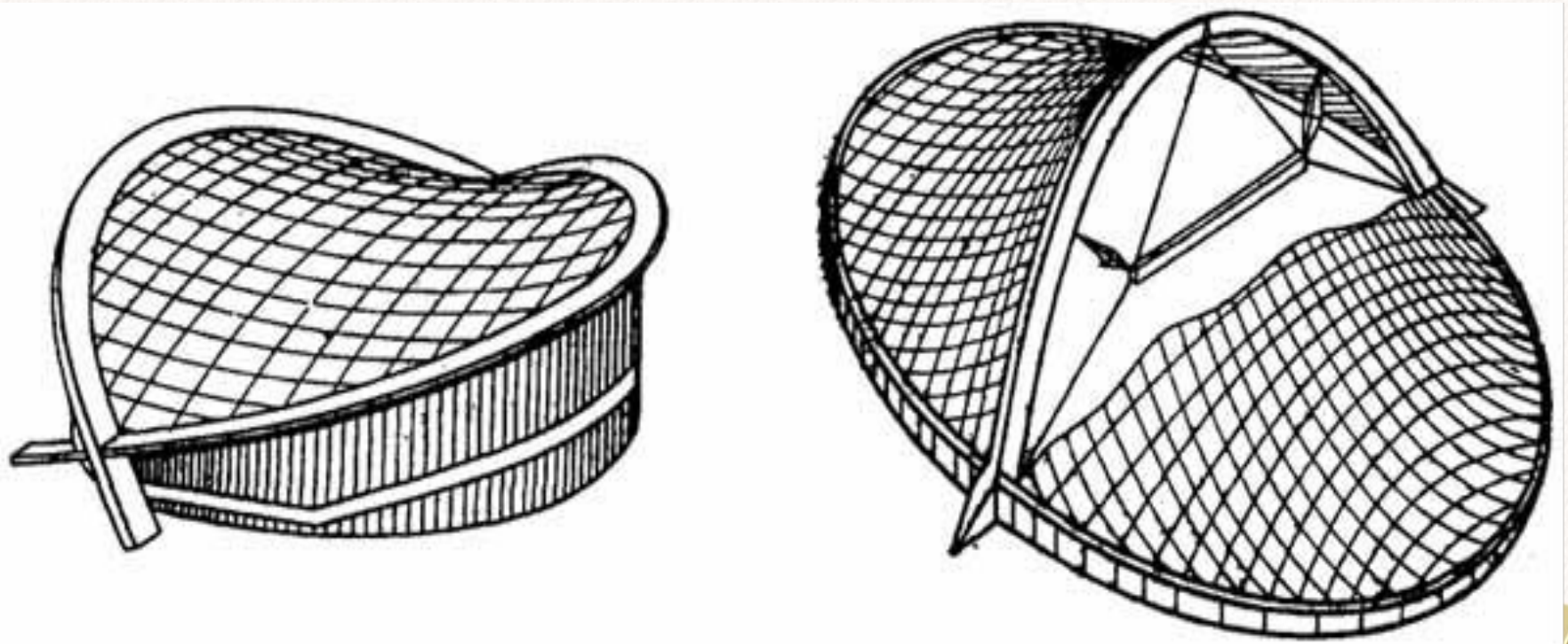


**Канаты, натянутые на опорную конструкцию, образуют сетку с равными квадратными или прямоугольными ячейками, в которые укладывают кровельные конструкции. Для поверхности в форме гипара все тросы одного направления имеют одинаковое сечение, так как усилия в них от действия равномерной нагрузки равны.**

**Кривые провеса тросов в соответствии с формой покрытия и приходящейся на них нагрузкой принимаются по квадратной параболе. Более сложным, чем для рассмотренных ранее покрытий, является устройство опорной конструкции. Такая конструкция выполняется в виде железобетонного пространственного кольца**



**Другое решение опорного контура может быть выполнено в виде двух наклонных пересекающихся в основании арок**



■ После второй мировой войны Япония, оправившись от тяжелых потрясений, вступила в период ускоренного экономического роста, когда использующая сталь и бетон инженерная архитектура Японии вышла на один из высших уровней в мире.



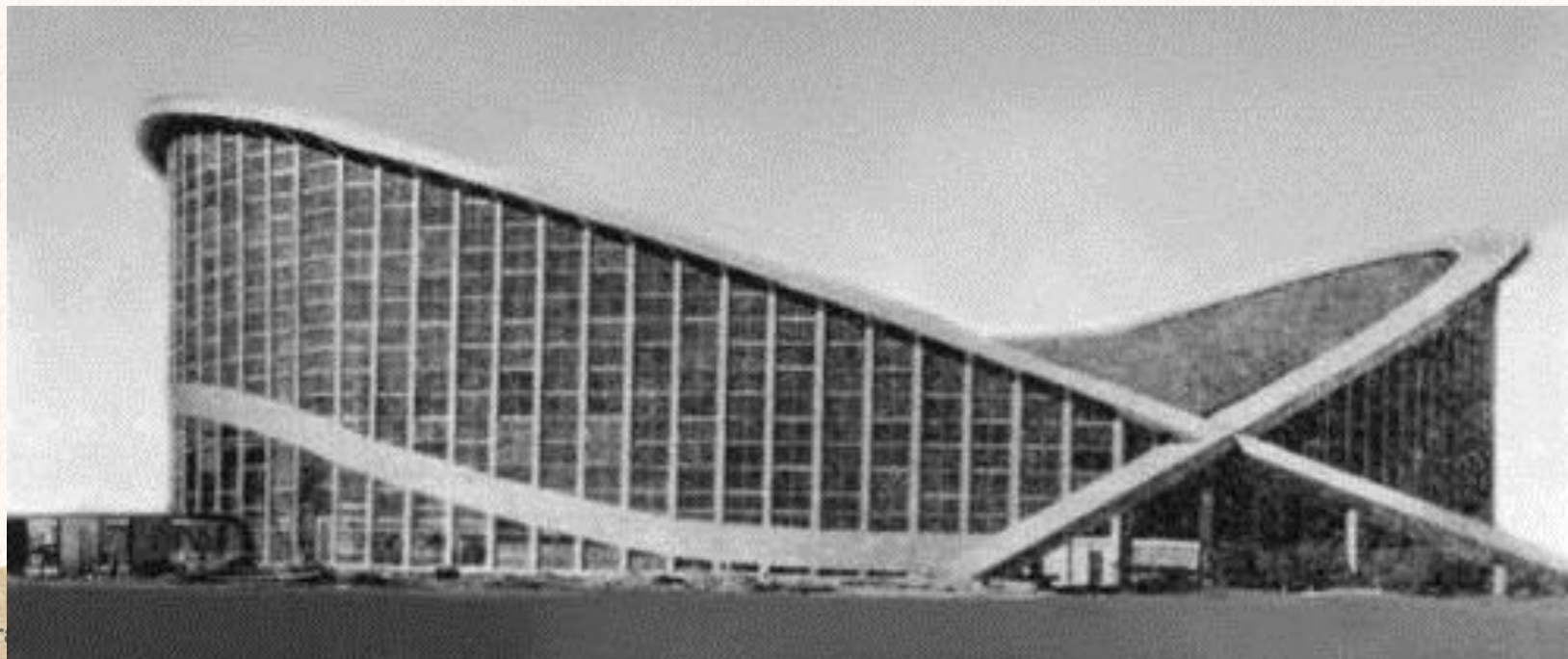
Значительный прогресс японской архитектуры стал заметен для всех в 1964 г. во время летних Олимпийских игр в Токио. К этому времени был построен комплекс спортивных сооружений, спроектированных Тангэ Кэндзо. Здание олимпийского стадиона имеет оригинальную изогнутую крышу, воскрешающую японские традиции.

# Спортивный комплекс на просп. Мира (Москва)

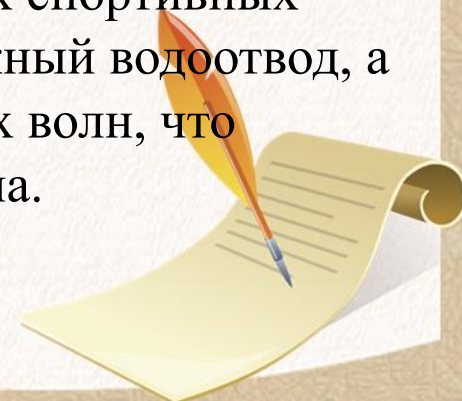


## Общий вид Роли-арены с седловидным висячим покрытием.

Седловидные висячие покрытия обычно состоят из систем пересекающихся тросов (вогнутых и выпуклых), образующих сетку, либо представляют собой оболочку в форме гиперболического параболоида. Большинство таких конструкций выполняется с предварительным напряжением. Крупным шагом в развитии Висячие конструкции явилось сооружение в 1953 в США (штат Северная Каролина) по проекту архитектора М. Новицкого Роли-арены — здания с седловидным висячим покрытием

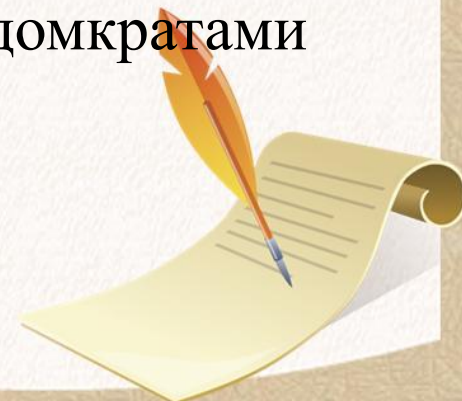


- К двум железобетонным аркам сечением 4,2 на 0,75 м, наклоненным к горизонту под углом  $22^\circ$  и поддерживаемым опорными стойками, подвешены рабочие тросы, располагаемые по вогнутой поверхности. Перпендикулярно к ним натянуты напрягающие (стабилизирующие) тросы, образующие выпуклость кверху. В результате получается седлообразная относительно жесткая поверхность. Несущие тросы имеют диаметр 19-32 мм и шаг 1,83 м, диаметры напрягающих тросов 18-19 мм. Рабочие тросы воспринимают вес покрытия и снеговую нагрузку, стабилизирующие - отрицательную ветровую нагрузку (отсос), обеспечивая аэродинамическую устойчивость системы. В покрытии с поверхностью отрицательной кривизны предварительное напряжение обеспечивает стабилизацию системы.
- Сочетание такого покрытия с различными вариантами расположения арок придает зданиям интересные индивидуальные формы. В связи с этим оно неоднократно применялось в покрытиях большепролетных спортивных сооружений. В таких покрытиях легко организовать наружный водоотвод, а их форма способствует рассеиванию отраженных звуковых волн, что улучшает пространственную акустику перекрываемого зала.



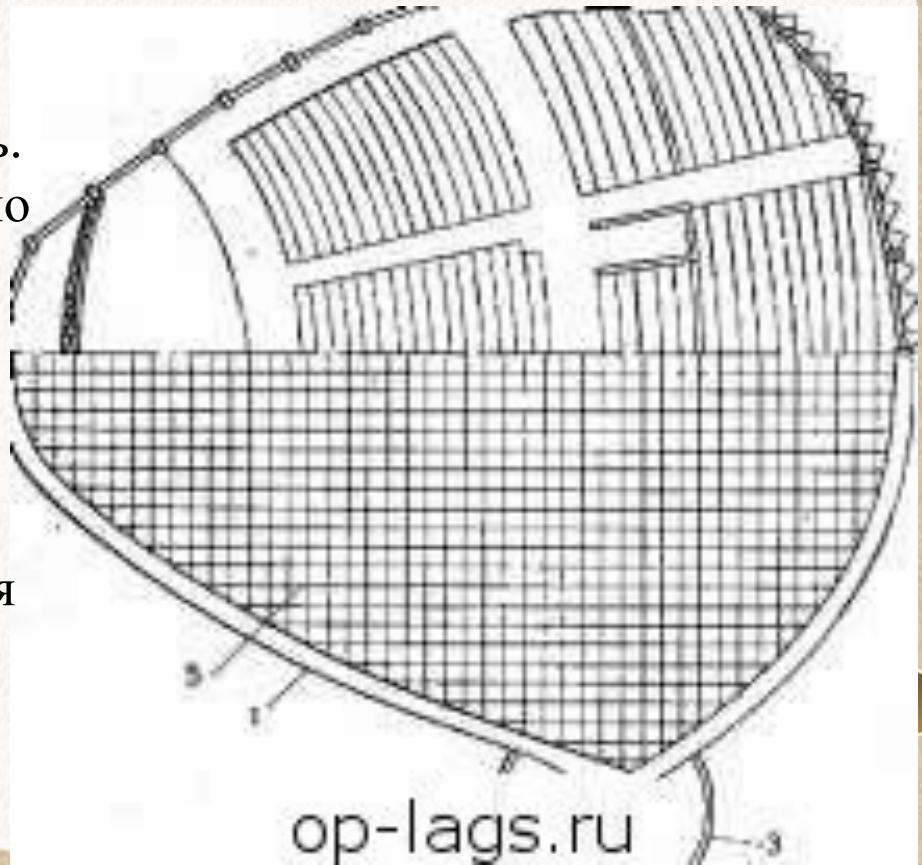
# Киноконцертный зал «Украина» в Харькове

- Интересным примером решения покрытия с использованием пересекающихся арок служит киноконцертный зал «Украина» в Харькове). Зал на 2000 мест перекрыт системой из двух монолитных железобетонных арок параболического очертания и вантовой сети, по которой уложены армоцементные плиты. В качестве несущих вант использованы пучки высокопрочной проволоки, стабилизирующие ванты выполнены из канатов, ячейка сетки принята размером 1X1 м. Стабилизирующие ванты натягивали домкратами дважды: до укладки плит и после нее.

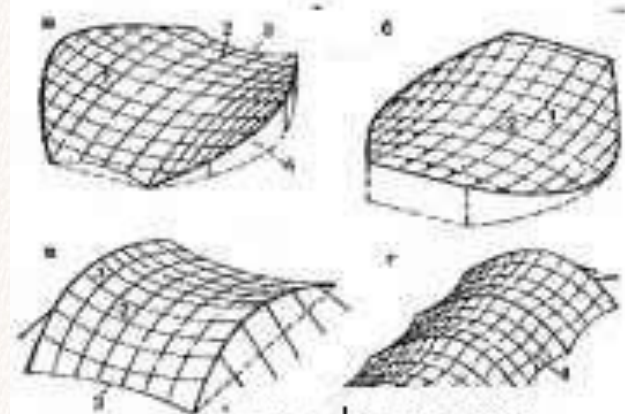
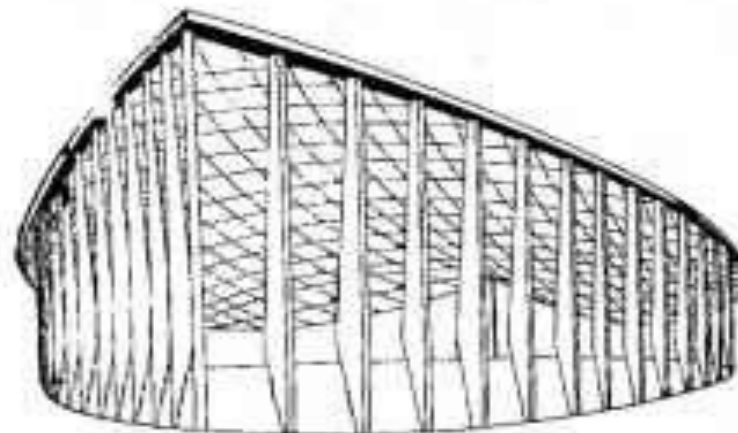




- При ортогональной вантовой сети арки в опорном контуре помимо сжатия испытывают изгиб и кручение, поэтому их сечение назначают более мощным по сравнению с опорным КОЛ.ЦОМ в седловидных покрытиях. Если ванты расположить по прямолинейным образующим гиперболического параболоида, то получится косоугольная вантовая сеть. В этом случае все ванты одновременно становятся и несущими, и стабилизирующими, а в опорных арках действуют только сжимающие усилия, и на фундаменты распор не передается. Такая конструкция покрытия запатентована во Франции и впервые применена в зале многоцелевого назначения с круглой формой в плане диаметром 75 м в Кабре [4].



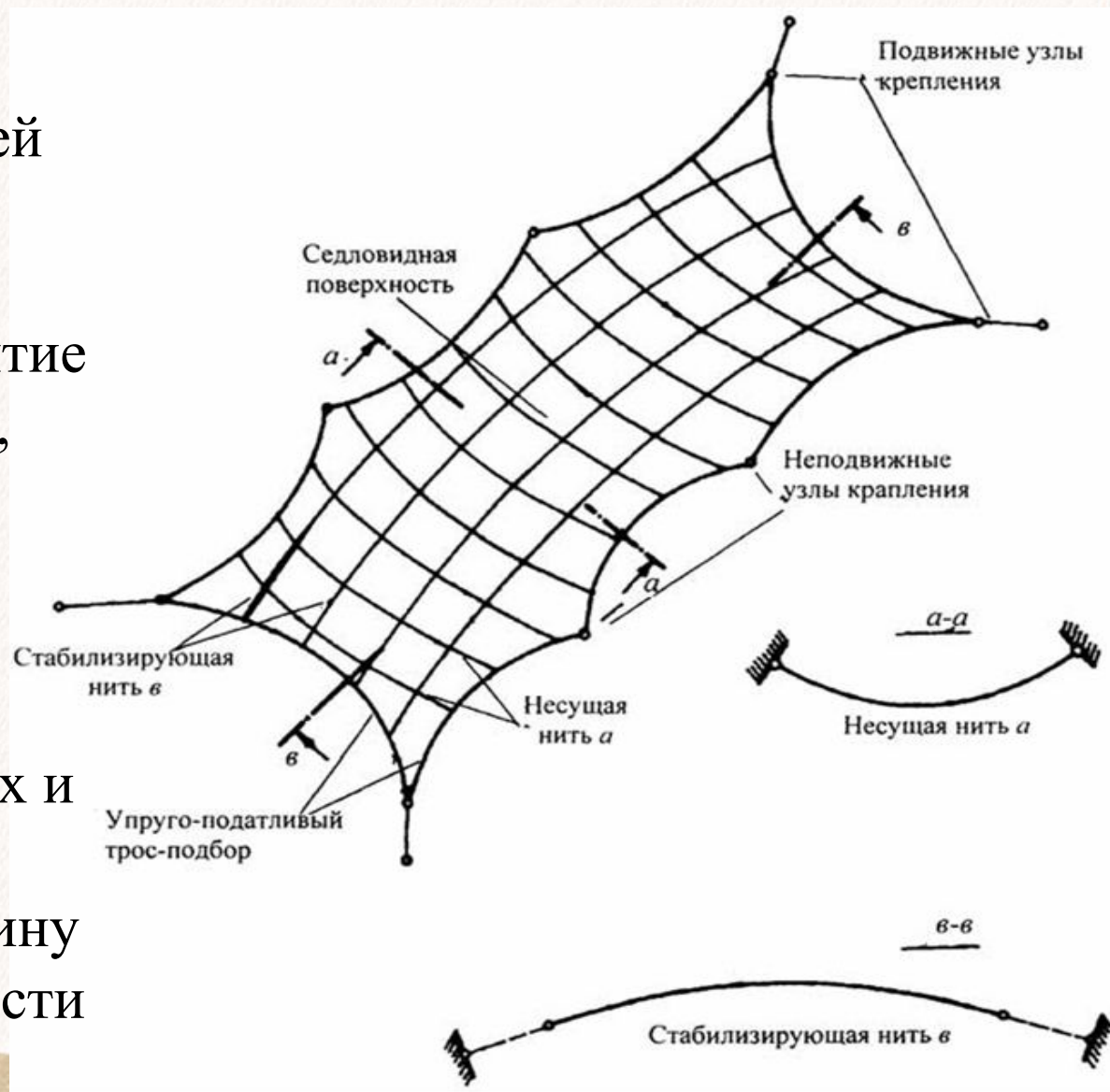
Большое количество покрытий для сооружений различного назначения выполнено с применением криволинейных поверхностей, включающих ортогональную сетку из тросов, окаймленную более мощными тросами-подборами подвешенную к специальным мачтам и на отдельных участках притянутых оттяжками к земле. Такие сетки имеют форму растянутых поверхностей отрицательной гауссовой кривизны.



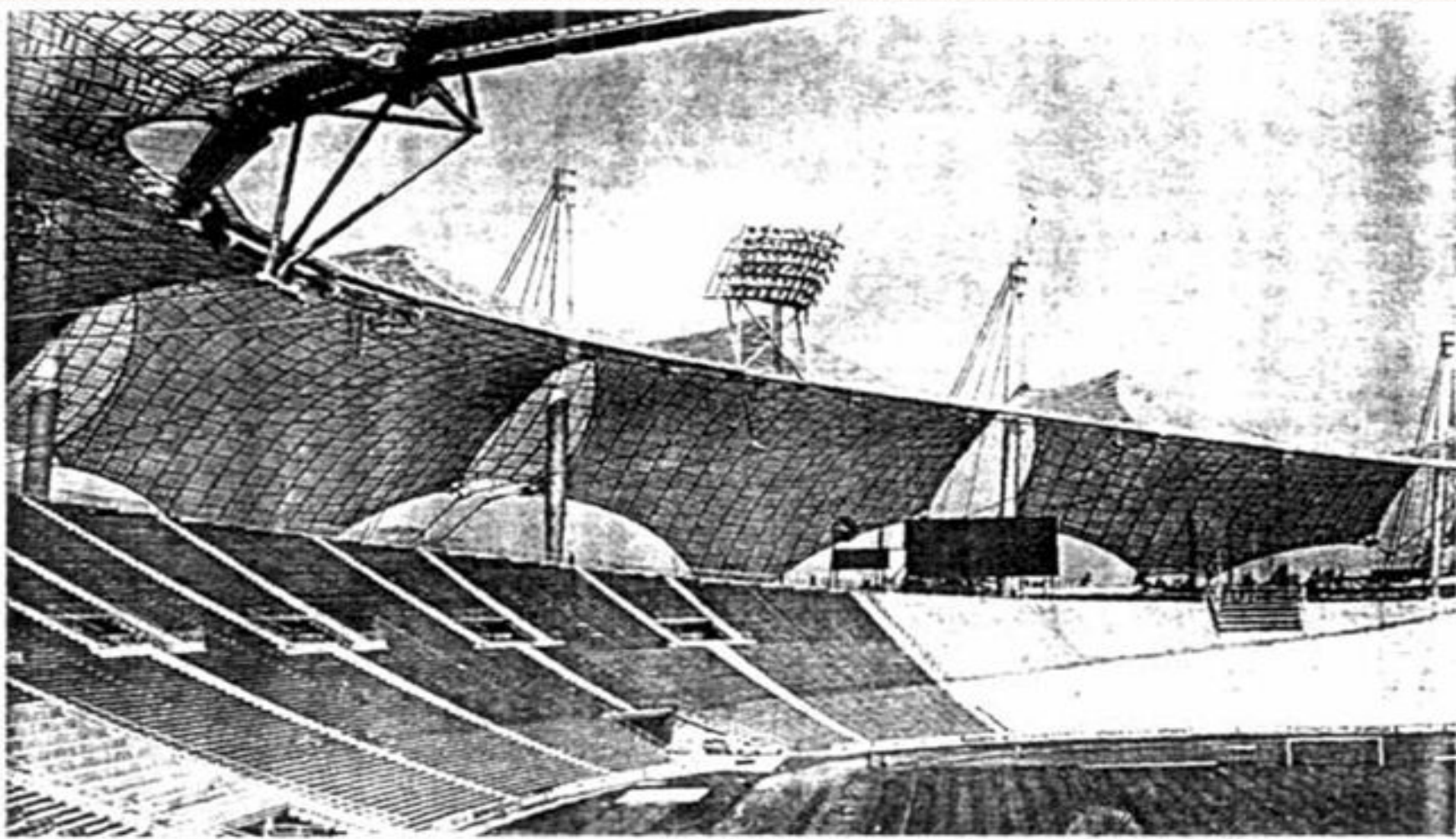
op-lags.ru

# Схема покрытия криволинейной сетки на гибком контуре

Система расположения нитей обеспечивает стабилизацию покрытия, восприятие полезной нагрузки, снижение деформативности. Длины нитей различны на отдельных участках и могут иметь не одинаковую величину упругой податливости на опорах.



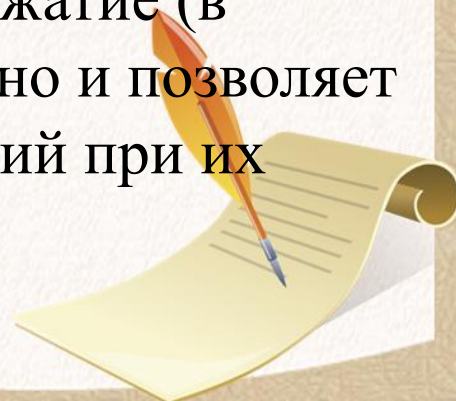
**Характерным примером применения такого конструктивного решения являются покрытия ансамбля спортивных объектов Олимпиады в Мюнхене**



Обычно тросы в сетке располагают на равных расстояниях один от другого. Эти расстояния определяются конструкцией кровли и возможным сечением тросов и колеблются от 1 м для тентовых и пленочных покрытий до 2-3 м для щитовых покрытий.

По исследованиям В.Р.Кульбаха стрелки провеса главных парабол поверхности принимают:  $f_H \approx (1/8 - 1/15) \cdot l_H$ ,  $f_c \approx (1/10 - 1/25) \cdot l_c$ . Угличские стрелки несущих тросов за счет уменьшения стрелки стабилизирующих приводит и к уменьшению прогибов покрытия и усилий в несущих тросах, и одновременно увеличивает изгибающие моменты в опорной конструкции на стадии предварительного напряжения сетки покрытия.

Предварительное напряжение сетки не только обеспечивает включение стабилизирующих нитей в работу на сжатие (в пределах усилия предварительного напряжения), но и позволяет уменьшить кинематические перемещения покрытий при их неравномерном нагружении.



С точки зрения распределения усилий наилучшей поверхностью седловидного покрытия является поверхность гиперболического параболоида. В этом случае несущие и стабилизирующие нити имеют форму вогнутых и выпуклых квадратных парабол соответственно с постоянным отношением в каждом тросе, что создает равенство усилий во всех тросах при равномерно распределенной нагрузке на покрытие.

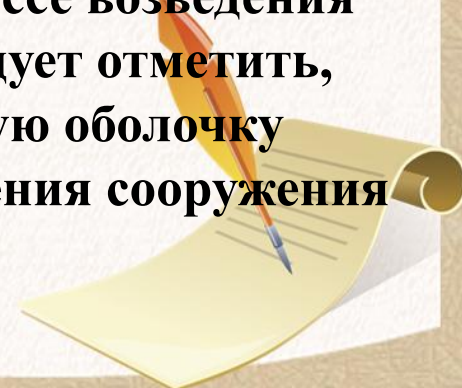


- Тросовые сетки, в отличие от однопоясных и двухпоясных конструкций, работают как пространственные системы, что позволяет им успешно воспринимать нагрузки от собственного веса, снега и знакопеременных ветровых воздействий.
- Расчет таких покрытий осуществляется методами строительной механики с применением вычислительной техники как многократно статически неопределимых систем



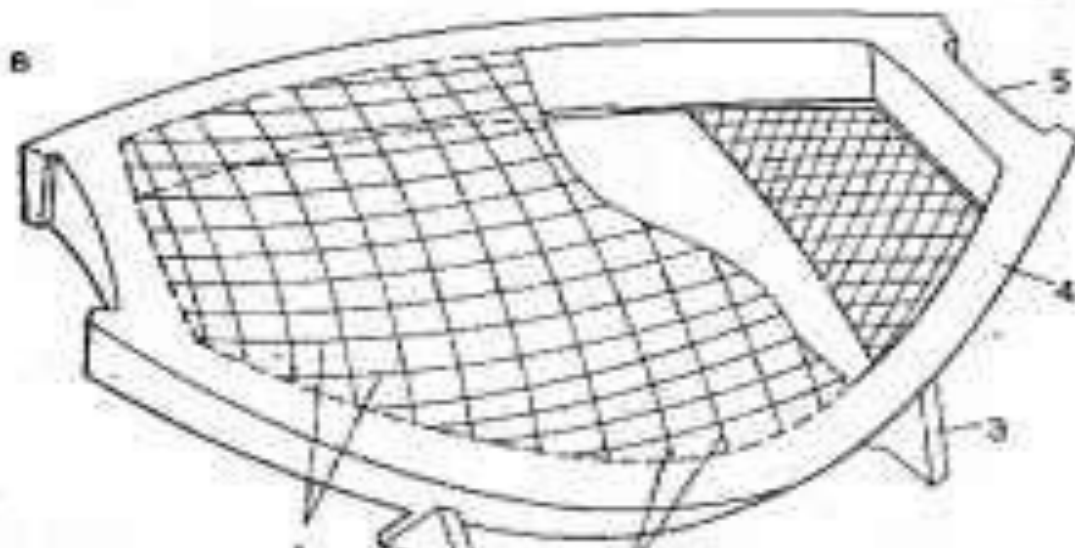
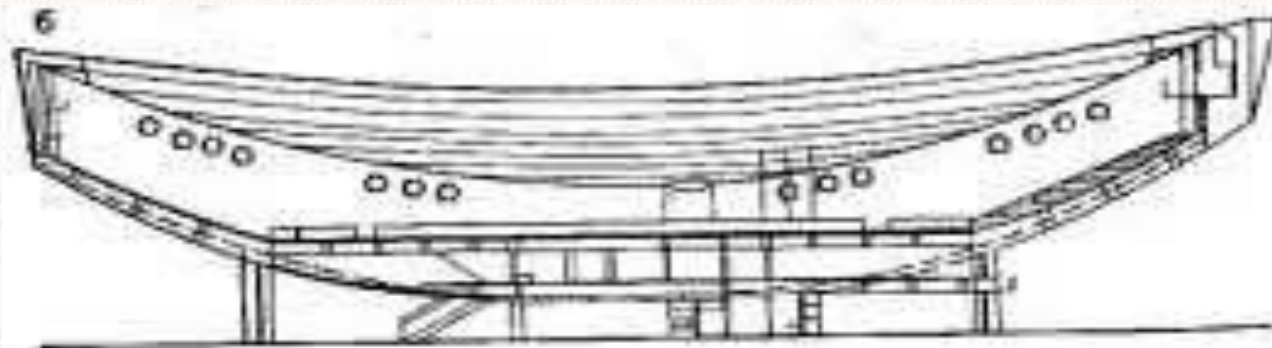
# Спортивный зал в префектуре Кагава

- Оригинальным примером сооружения с использованием двух разомкнутых арок является решение японским архитекторам К. Ганге спортивного зала в префектуре Кагава. Зал рассчитан на 1300 зрителей и имеет следующее конструктивное решение. Две железобетонные арки коробчатого сечения в опрокинутом положении опираются на четыре пилона. Вверху арки замыкаются двумя торцовыми балками. Опорный контур воспринимает нагрузки от покрытия и от большей части балочного перекрытия трибун. Несущие ванты выполнены из шести семипрядных стальных прядей, стабилизирующие ванты - из стержневой арматурной стали. На вантовую сеть уложены сборные железобетонные плиты толщиной 5 см, стыки которых забетонированы совместно с вантами. Ванты имеют специальные оболочки, что позволило в процессе возведения регулировать натяжение вант с одного их конца. Следует отметить, что превращение покрытия в жесткую железобетонную оболочку продиктовано необходимостью надежного сопротивления сооружения сейсмическим воздействиям.





# Спортивный зал в префектуре Кагава

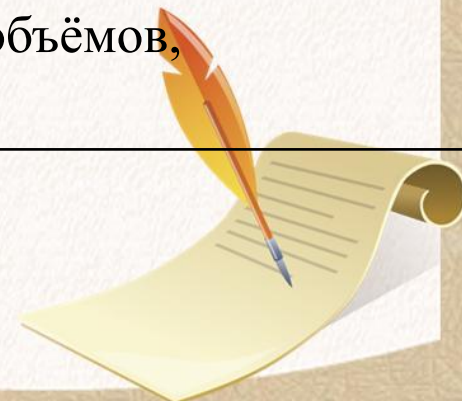


op-lags.ru





<p>На русском/казахском/ английском</p>	<p>Пояснение</p>
<p>Висячие конструкции Аспалы конструкция Hanging structure</p>	<p>один из наиболее экономичных видов покрытий</p>
<p>Канат Арқан rope</p>	<p>синоним «троса», ранее в морском деле — пеньковый трос более 13 дюймов в окружности, или трос равной ему крепости из иных материалов, вне зависимости от размера</p>
<p>Наклонная стойка Көлбеу тіреу Slant leg</p>	<p>предназначена для поддержки и фиксации</p>
<p>Рельеф Көтерімін relief</p>	<p>Вид изобразительного искусства, в котором всё изображаемое создаётся с помощью объёмов, выступающих из плоскости фона.</p>
<p>Покрытия Жабу Cover</p>	<p>верхняя конструкция здания</p>



# Литература

- ◎ **АБОВСКИЙ Н.П., САМОЛЬЯНОВ И.И.** Расчет пологих оболочек типа гиперболического параболоида методом сеток. В кн.: **Пространственные конструкции в Красноярском крае,- Красноярск, 1966, вып. II, 58 е., илл.**
- ◎ **АБРАМОВИЧ К.Г., МАШКИНА Г.А.** Деревянные гипары в покрытии автобусной станции. В кн.: **Пространственные конструкции в Красноярском крае. - Красноярск, Красноярский ПИ, 1973, вып. У1, с. 342-345.**
- ◎ **ЛАУЛ Х.Х., ПУГАЛ Я.П.** О расчете пологих деревянных гипаров. В кн.: **Труды Таллинского ПИ , 1975, В 384, с. 1928.**
- ◎ **МУЛ I.Х., ЮСТ Э.З.** Разработка расчета пологих деревянных гипаров (первая часть). В кн.: **Труды Таллинского ПИ, 1981, В 504, с. 29-38.**
- ◎ **65. ЛАУЛ Х.Х., ЮСТ З.З.** О разработке расчета пологих деревянных гипаров (вторая часть), В кн.: **Труды Таллинского ПИ, 1982, й 527, с. 53-57**
- ◎ **МИЛЕЙКОВСКИЙ И.Е., КУПАР А.К.** Гипары. Расчет и проектирование пологих оболочек в форме гиперболических параболоидов. М.: **Стройиздат, 1978, 222 с., илл.**
- ◎ **СТОЯНОВ В.В.** Клеефанерная оболочка типа гиперболического параболоида. В кн.: **Общие вопросы строительства. Отечественный опыт/Реферативный сборник. ЦИНИС Госстроя СССР, 1974, & 10, с. 19-23, илл.**
- ◎ **СТОЯНОВ В.В., КУШАРЕВ Ю.Н.** Построение основных разрешающих уравнений для подкрепленной клеефанерной гиперболической оболочки. В кн.: **Прочность и деформативность строительных конструкций. Кишинев: Штиинца, 1977, с. 45-53.**

