



ВИСЯЧИЕ СИСТЕМЫ ИЗ ЖЕСТКИХ ВАНТ

Выполнил :
Дервишов Эмиль





Висячие конструкции –

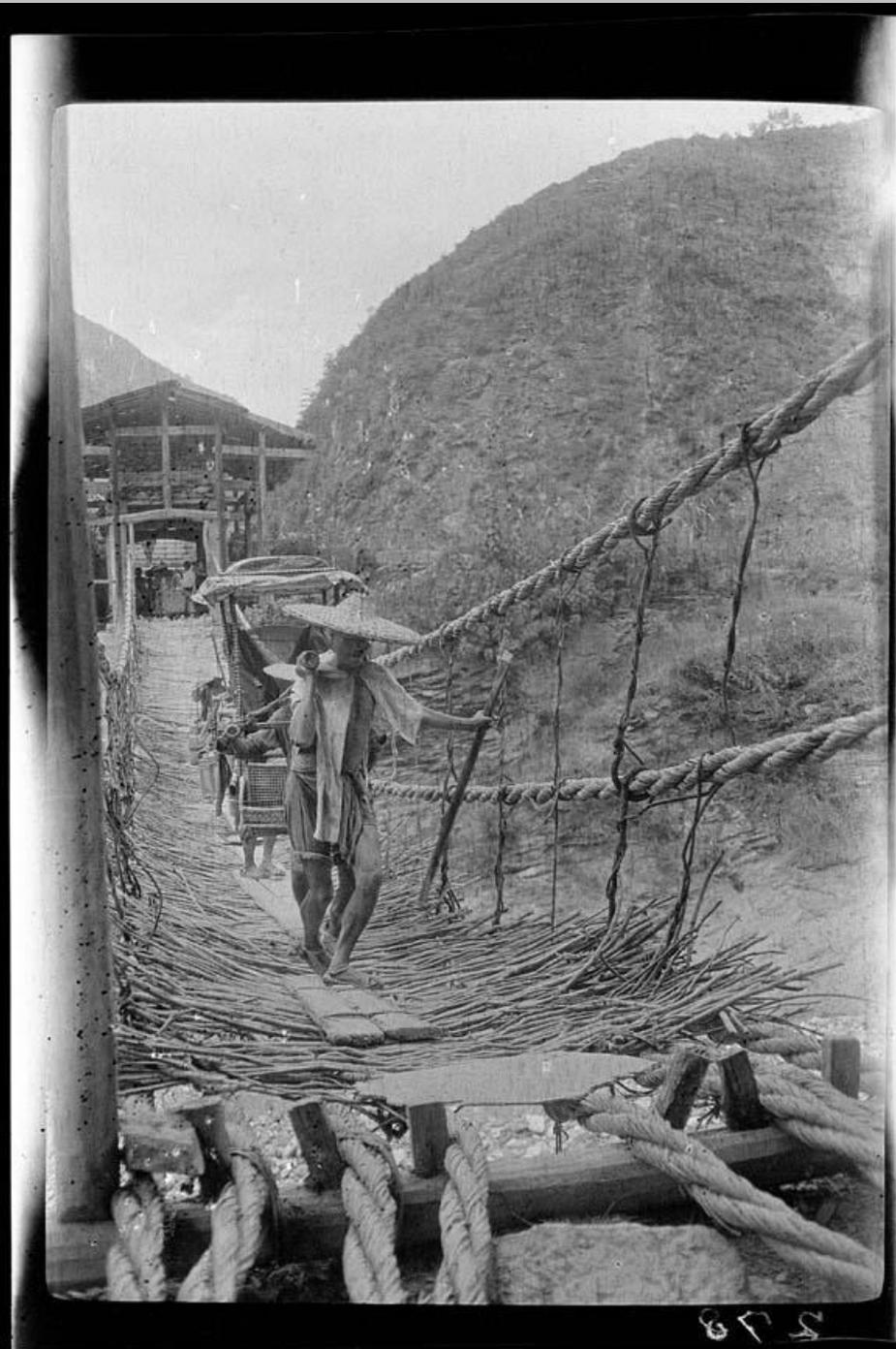
строительные конструкции, в которых все основные несущие элементы (тросы, кабели, цепи, мембраны) работают на растяжение.

Эта особенность висячих конструкций позволяет в полной мере использовать свойства строительных материалов, выдерживающих значительные растягивающие усилия (цепи, стальные проволоки, капроновые нити) и получать лёгкие (с небольшим собственным весом) конструкции.

Применяются в мостах (такие мосты называются висячими), канатных дорогах и т.п.

Висячие конструкции –
древнейший тип строительных
конструкций.

Ещё 2000 лет назад китайцы
подвешивали мосты с довольно
большим пролётом на цепях из
кованого железа. Один из них, мост
в провинции Сычуань, имеет длину
101 м.





Фиг. 4. Канатный мостъ черезъ р. Гильгитъ (Кашмиръ).

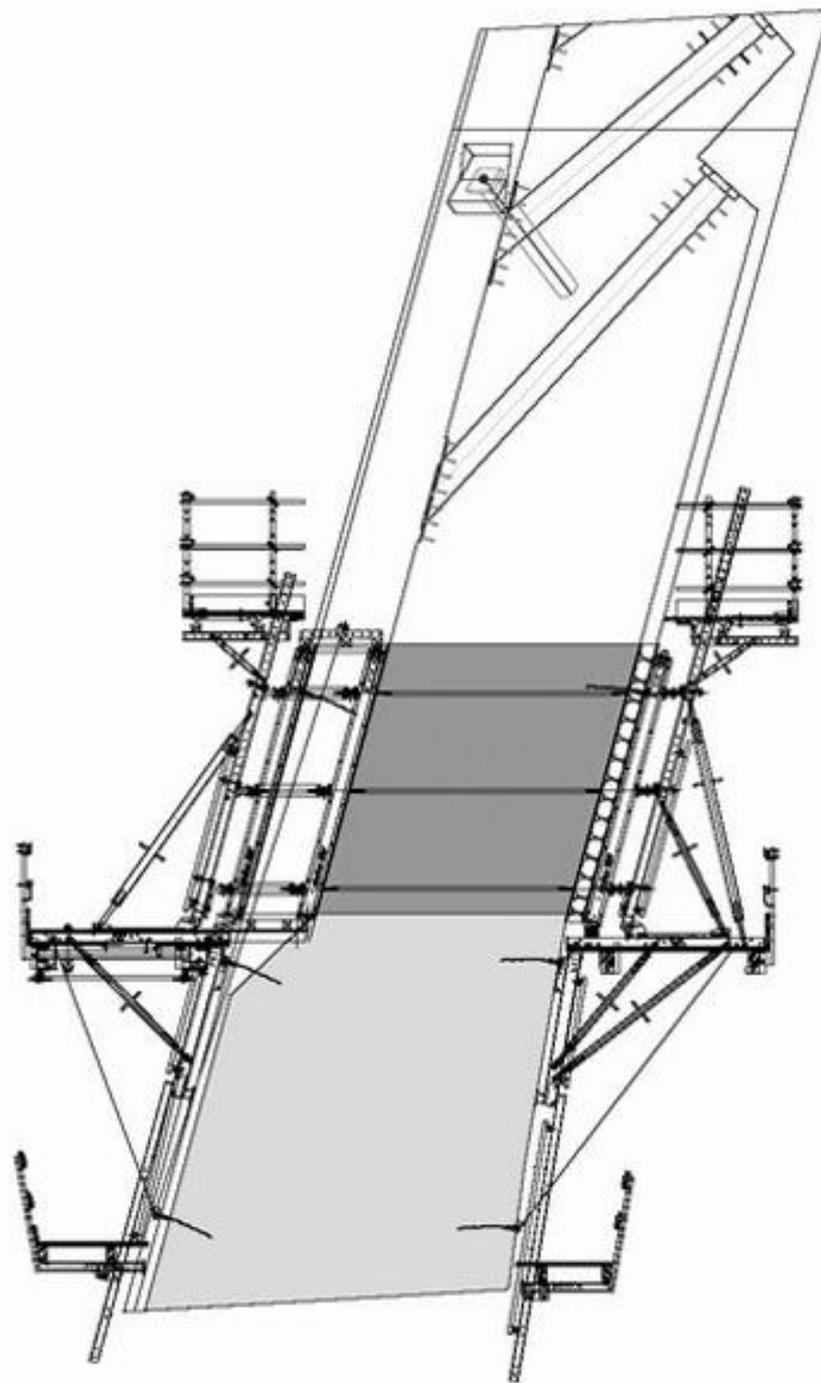


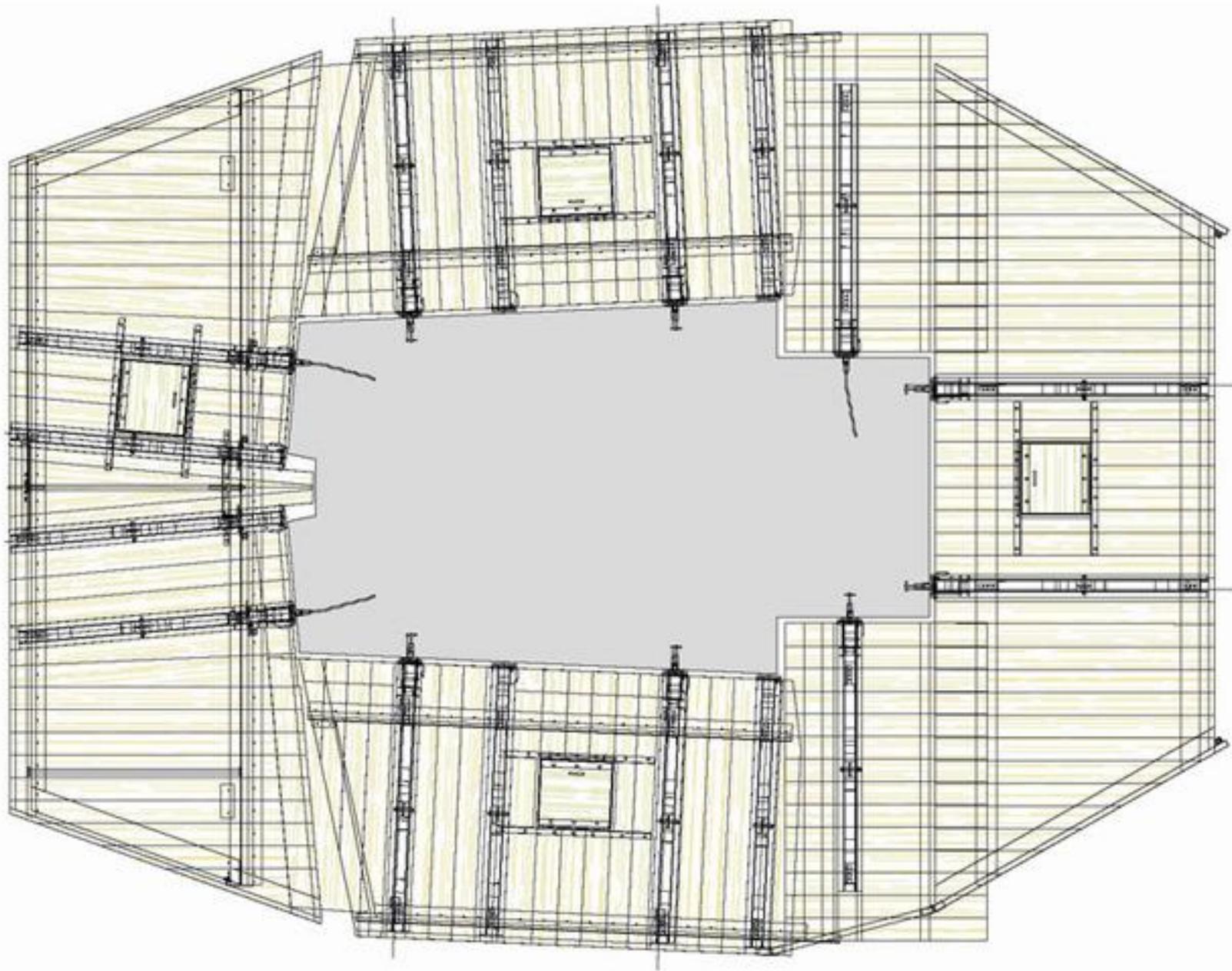
Фиг. 5. Первобытный висячій мостъ въ Пенипе (Южная Америка), срисованный Гумбольдтомъ.

К достоинствам таких конструкций относятся простота монтажа, экономичность и архитектурная выразительность. Недостатками являются большая нагрузка на опоры и изменяемость под действием внешних сил (ветра, температуры и т. д.). Штормовые порывы бокового ветра могут приводить к катастрофам, как это было в 1940 г. при крушении висячего Тэкомского моста (США).



Особенностью висячих мостов является то, что несущие тросы, на которых держится вся конструкция, перекинутые через опоры (*пилон*), закрепляются на берегах. Вся конструкция держится на этих дугообразно провисающих между опорами тросах. При движении автомобилей по мосту тросы изменяют свою геометрическую форму, что вызывает прогибы и колебания пролётного строения. Поэтому всё большее распространение получает геометрически неизменяемый тип висячей конструкции – *вантовая конструкция*





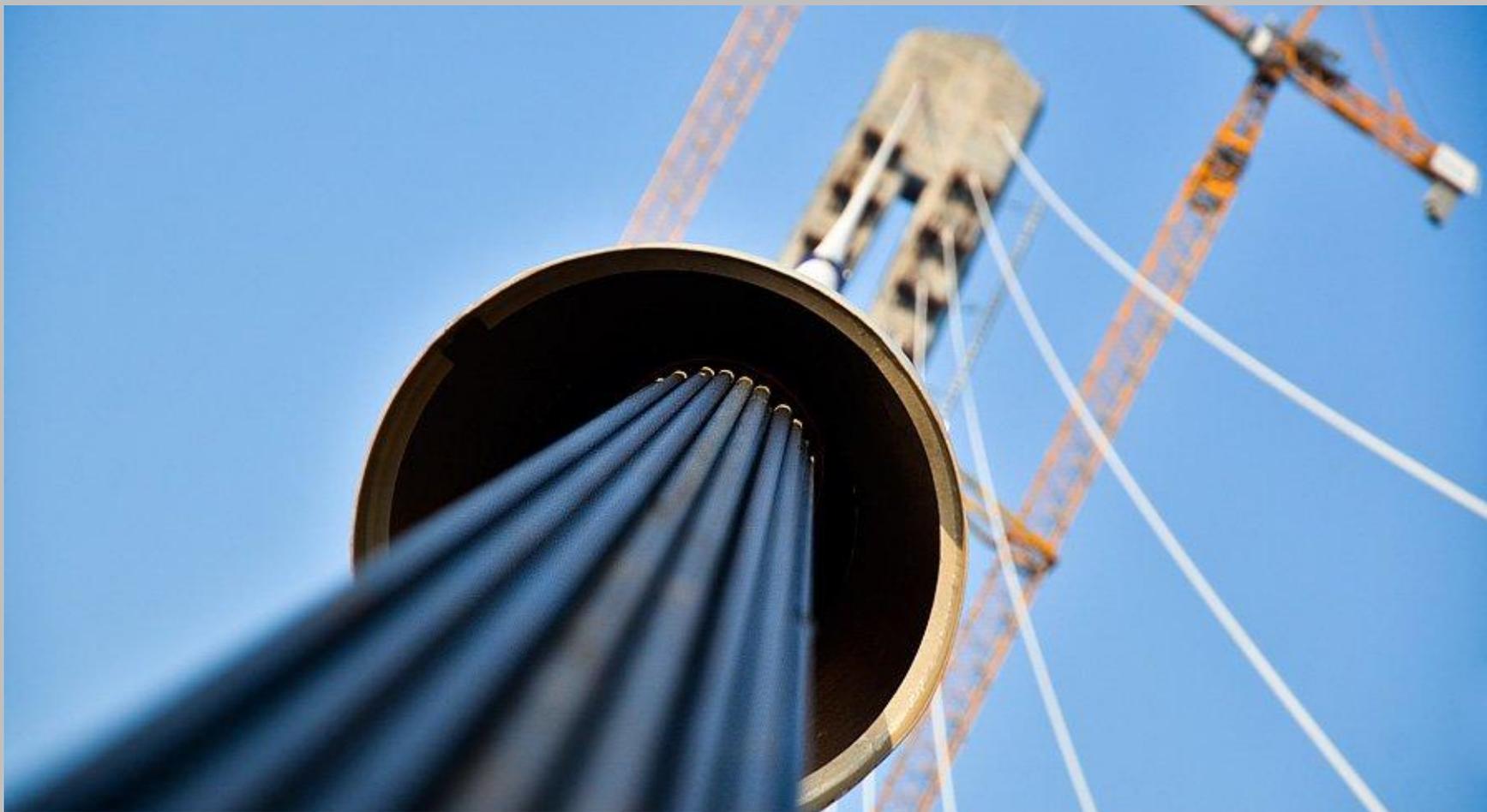


Установка вантовых узлов при строительстве мостов





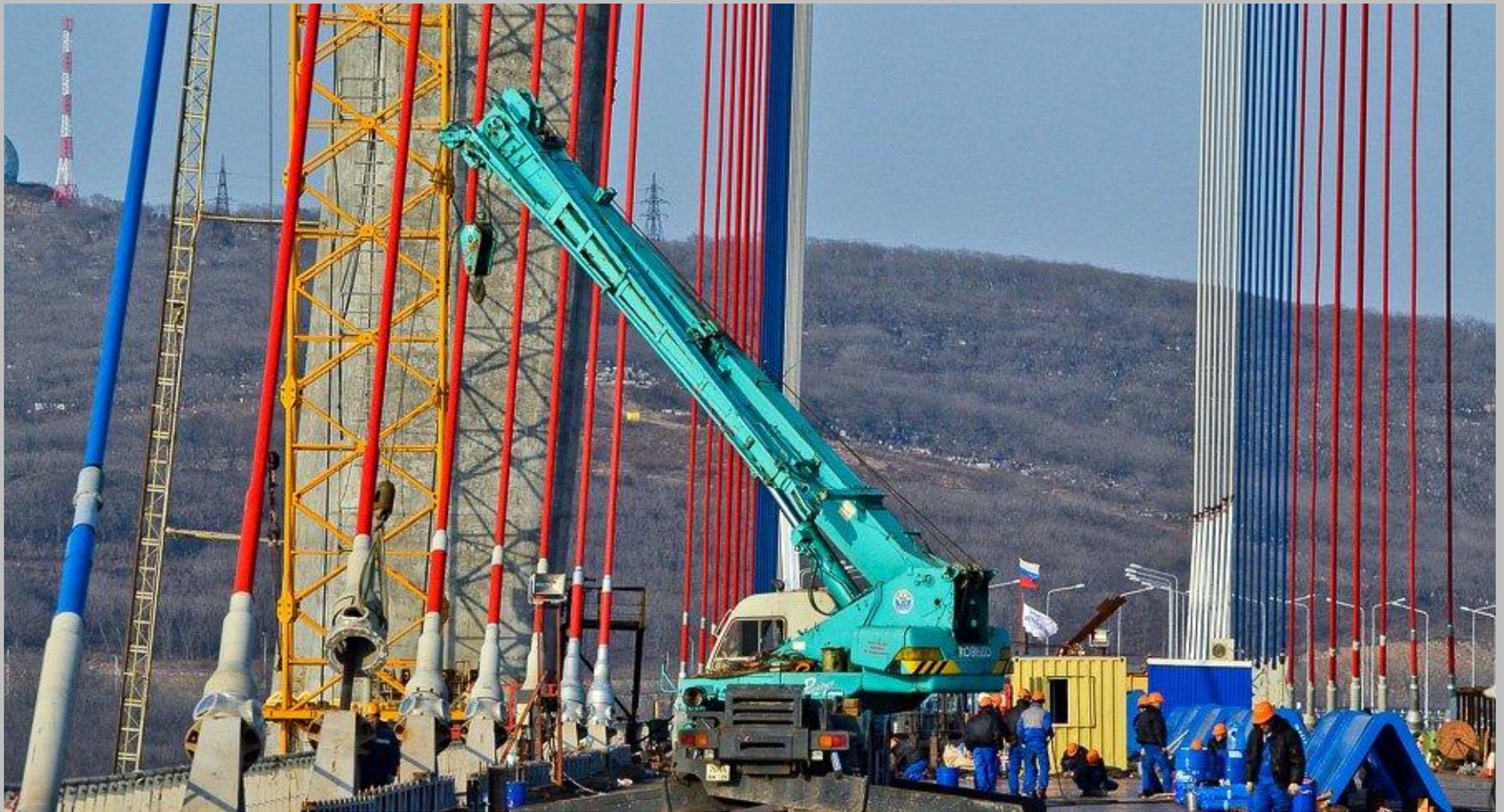
Ванты состоят из параллельных, индивидуально защищенных от коррозии прядей, число которых варьируется от 13 до 85



Каждая такая прядь состоит из семи проволок, покрытых оболочкой из
полиэтилена высокой плотности



Оболочка вант выполнена из двух слоев: внутренняя — черного цвета, из полиэтилена высокой плотности, наружная — более тонкая



Расчетный срок службы вант — не менее 100 лет



Натяжение вантовой системы





В вантовых мостах тросы делают предварительно напряжёнными, поэтому они предельно натянуты, не провисают и делают всё сооружение геометрически неизменяемым. При такой конструкции балка моста под проезжей частью может быть непривычно тонкой, поэтому вантовый мост является одним из самых экономичных и изящных мостов.



Висячие системы из жестких вант в
строительстве общественных
сооружений

В ряде случаев ванты целесообразно изготавливать из элементов, обладающих изгибной жесткостью — уголковых, тавровых, двутавровых или иных прокатных профилей. Иногда применяются криволинейные по очертанию решетчатые фермы. Таким вантам придается форма веревочной кривой, при которой ванты работают на основные, равномерно распределенные, и нагрузки на растяжение.

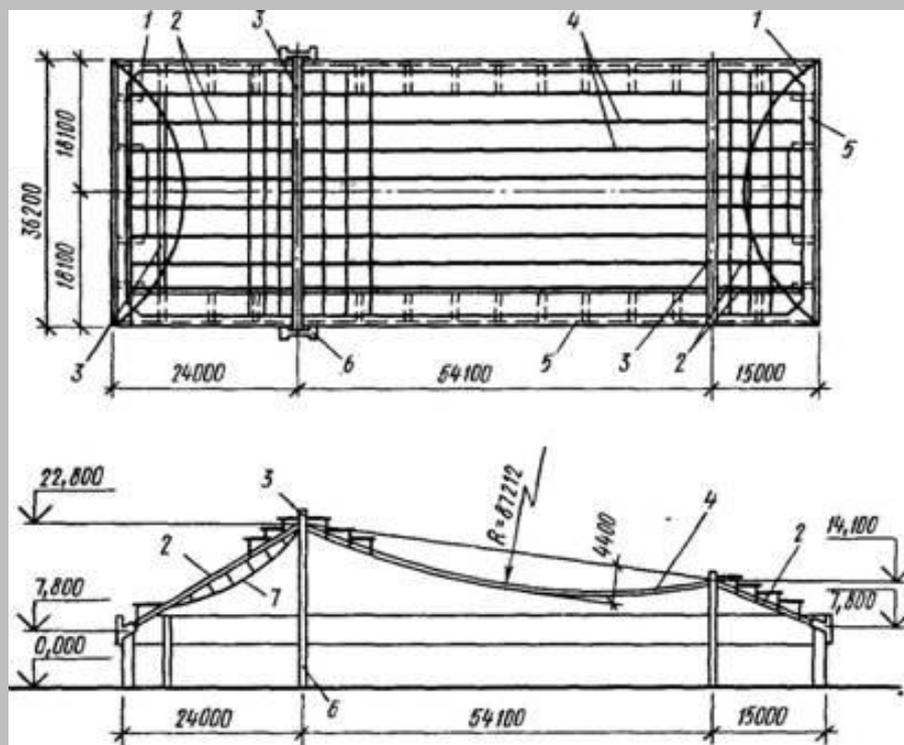


Схема каркаса и вантового покрытия здания плавательного бассейна в Ленинграде: 1 — шпренгельные вантовые усиления внешнего контура; 2 — скатные балки-оттяжки; 3 — поперечные железобетонные коньковые балки; 4 — «жесткие» ванты из прокатного двутавра; 5 — замкнутый железобетонный контур; 6 — колонны каркаса; 7 — шпренгельное усиление скатной балки

В качестве основного несущего элемента применяют **стальной канат — трос** свитый из высокопрочной проволоки с временным сопротивлением разрыву 1200—1800 МПа и более.

В случае использования канатов-тросов или арматурных стержней систему называют висячей с гибкими вантами.

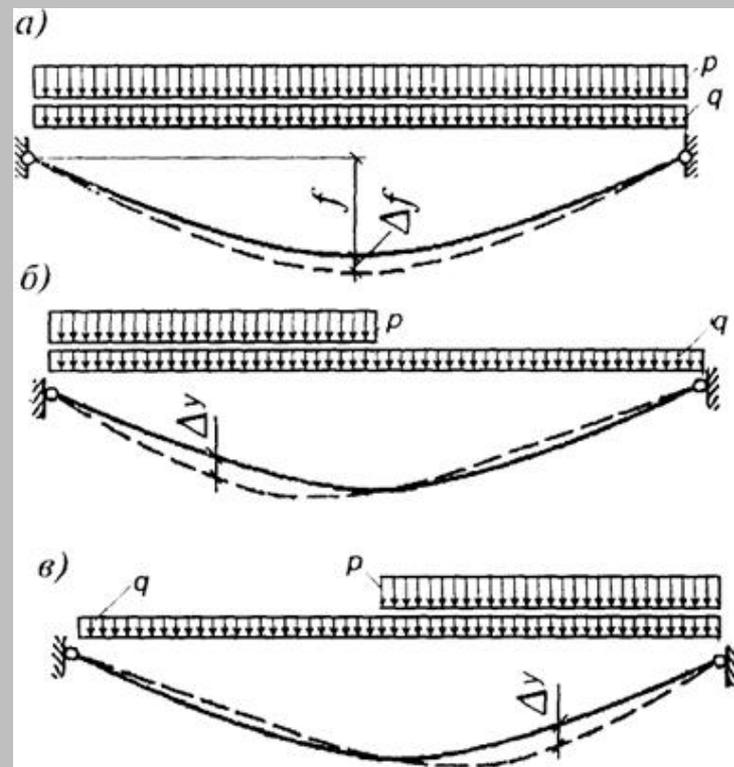
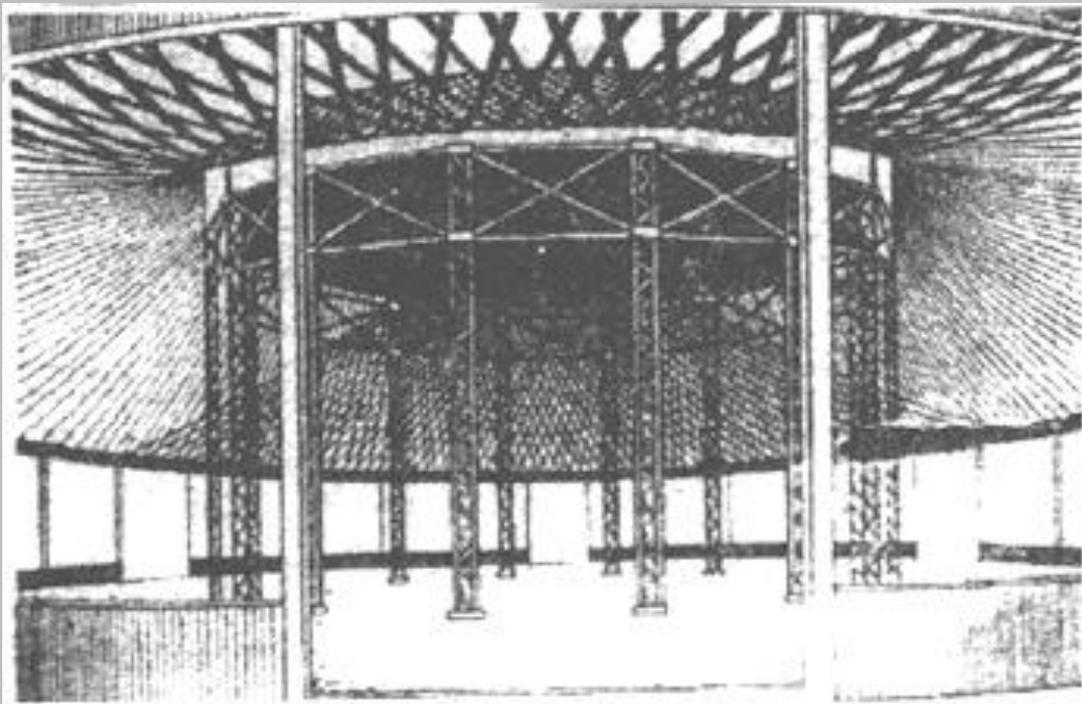
Если ванта выполнена из жестких стержней, например гнутых двутавров или ферм, то такую систему называют висячей с **жесткими вантами или изгибно-жесткими элементами.**



Идея применения гибкой нити для покрытий зданий впервые была предложена В. Г. Шуховым, которым в 1896 г. были запроектированы и построены четыре павильона на Всемирной выставке в Нижнем Новгороде рекордных по тому времени размеров — 30X70; 50X 100 м и диаметром 68 м .



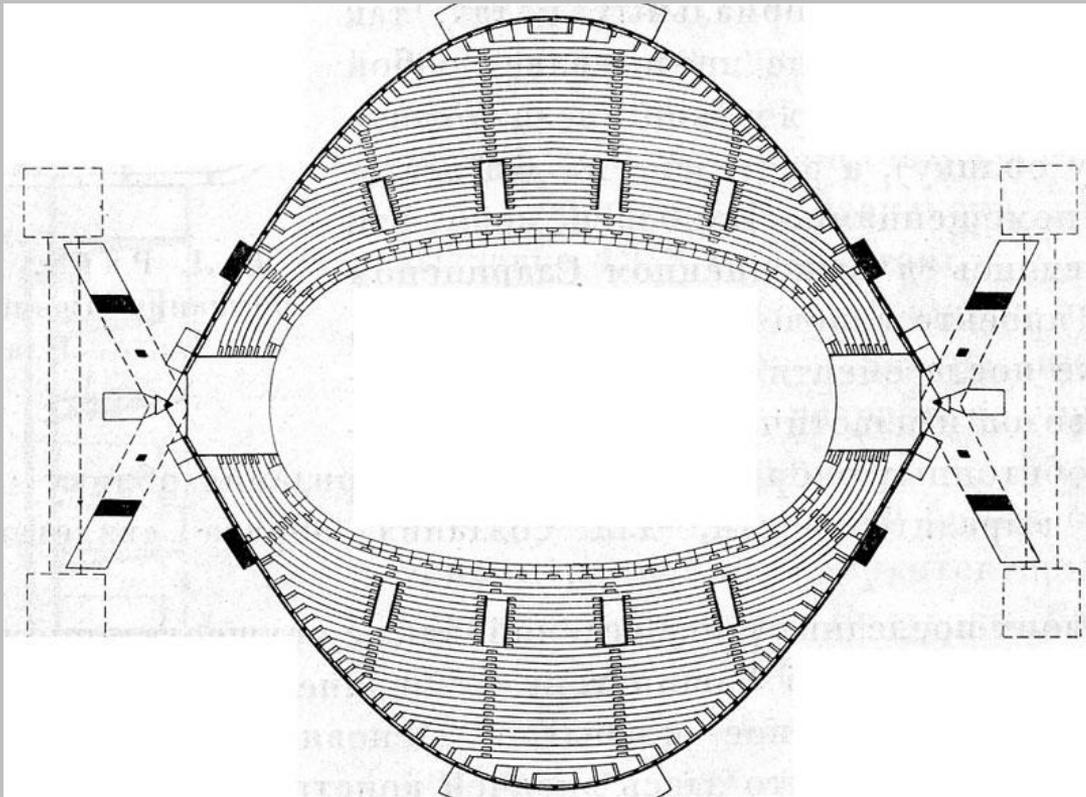
Павильон на Всероссийской выставке в Нижнем Новгороде



Дополнительные провесы гибкой нити:
а - вызванные упругими удлинениями; б, в - то же, кинематическими перемещениями

Второе рождение висячие конструкции получили в 1953 г. после возведения в США Рэлей-арены — седловидного сетчатого покрытия из тросов размером 92х97 м. С этого времени началось широкое применение висячих конструкций в зданиях и сооружениях различного назначения: спортивных и выставочных сооружениях, крытых рынках и универсальных залах, крупных гаражах, ангарах и эллингах, а также в универсальных зданиях промышленного назначения.





Рэлей-Арена США

Покрытия седловидными напряженными сетками на опорном контуре из пересекающихся арок впервые предложены архит. М. Новицким и выполнены в 1953 г. в здании крытого катка Рэлей-арена в Северной Каролине, США. 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. Несущая система такого **седловидного покрытия** состоит из группы рабочих провисающих тросов и перпендикулярной им группы стабилизирующих тросов с выгибом

Рабочие тросы воспринимают вес покрытия и снеговую нагрузку, стабилизирующие - отрицательную ветровую нагрузку, 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.

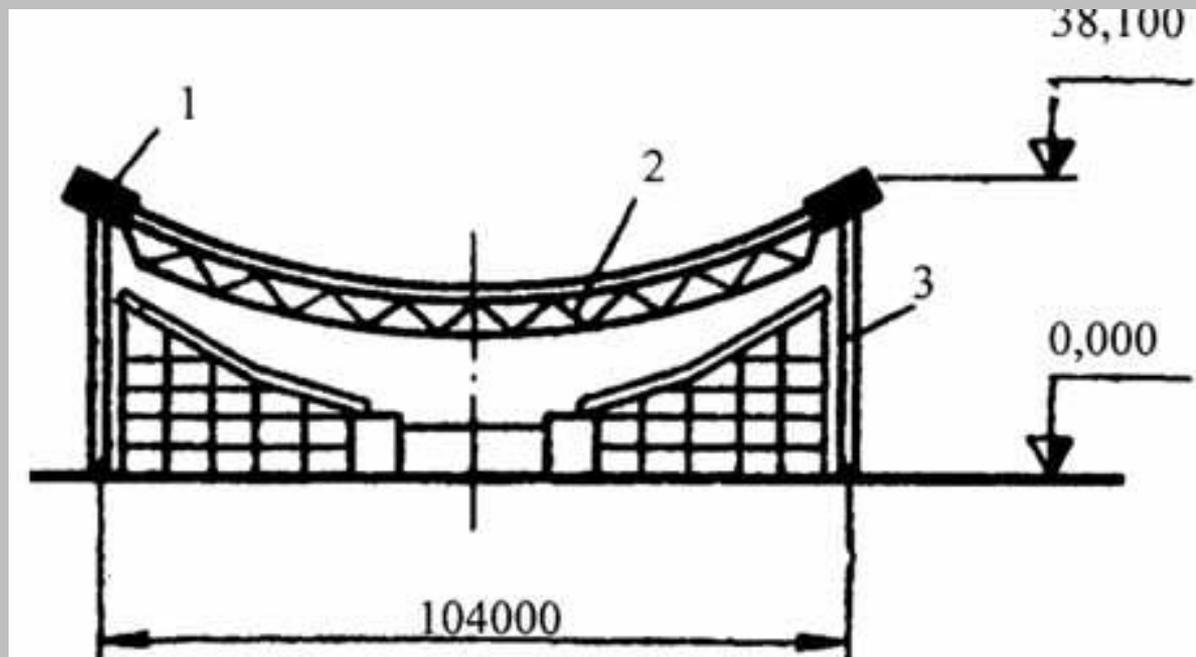
Висячие покрытия из изгибно-жестких элементов komponуют обычно из прямолинейных или провисающих двутавровых балок или стальных ферм, закрепленных по краям и воспринимающих растяжение и изгиб. Покрытие проектируют из системы параллельных или радиально расположенных балок (ферм).

Ограждающей конструкцией служат легкие щиты покрытия, уложенные по верхним поясам изгибно-жестких элементов. Чаще всего в качестве ограждающей конструкции используют профилированный стальной настил.

Примером применения изгибно-жесткой системы покрытия из параллельных висячих стальных ферм в крупном общественном здании служит покрытие пролетом до 104 м над овальным в плане Олимпийским плавательным бассейном в Москве



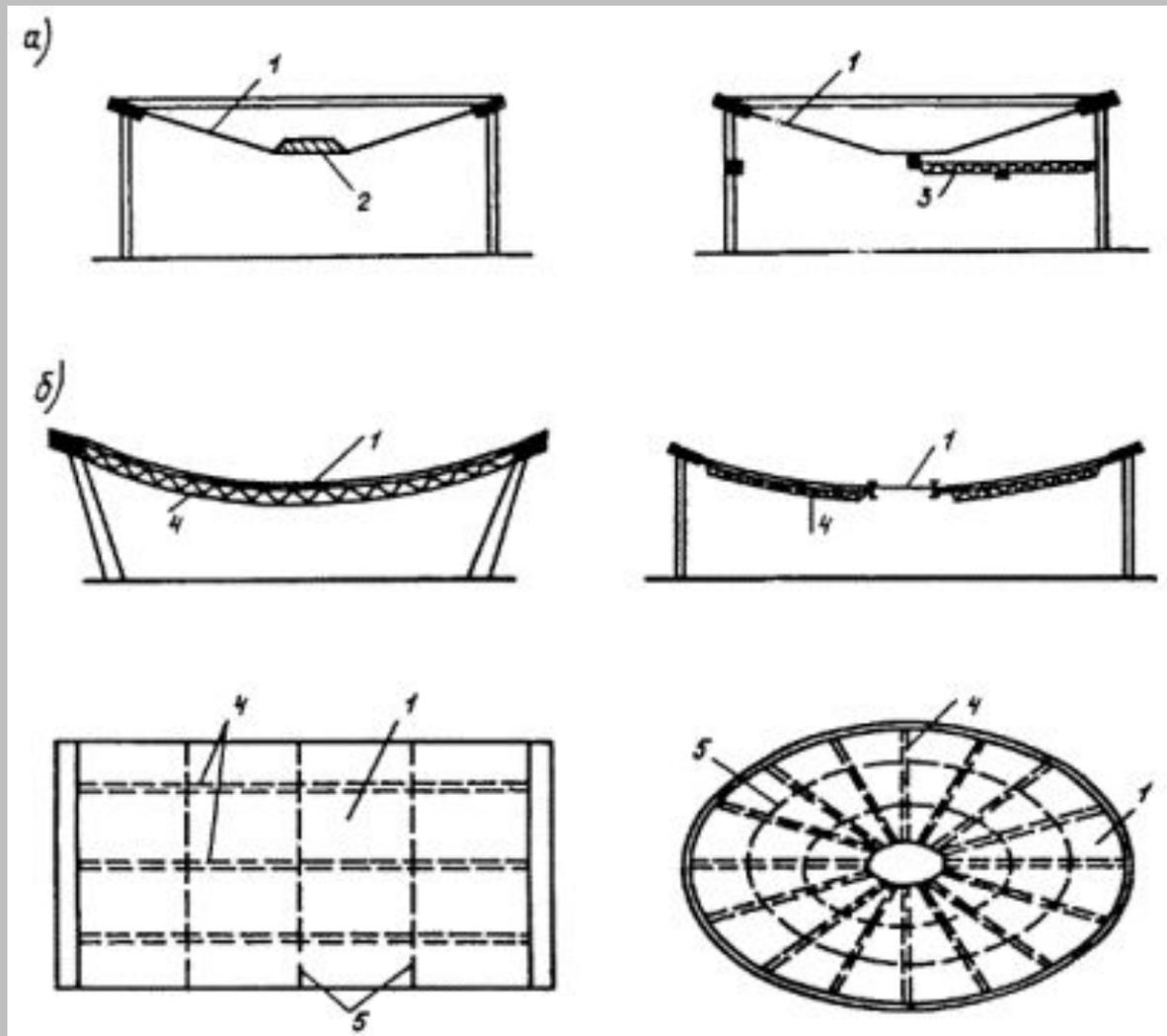
Покрытие олимпийского плавательного бассейна на проспекте
Мира (Москва): 1 - опорные железобетонные арки сечением 2 x 3,3
м; 2 - висячие криволинейные фермы; 3 - колонны



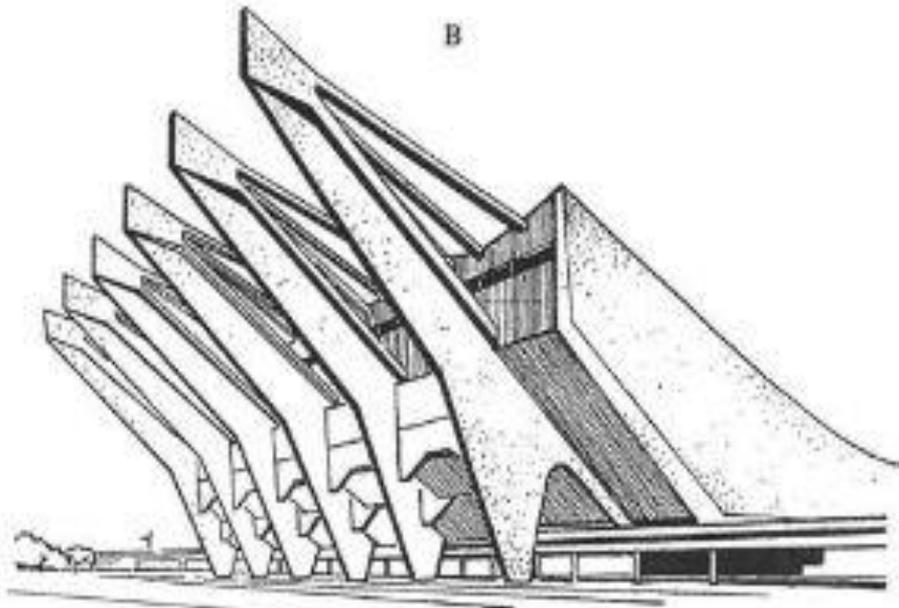
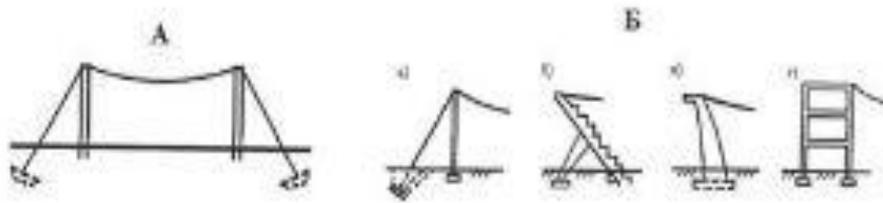
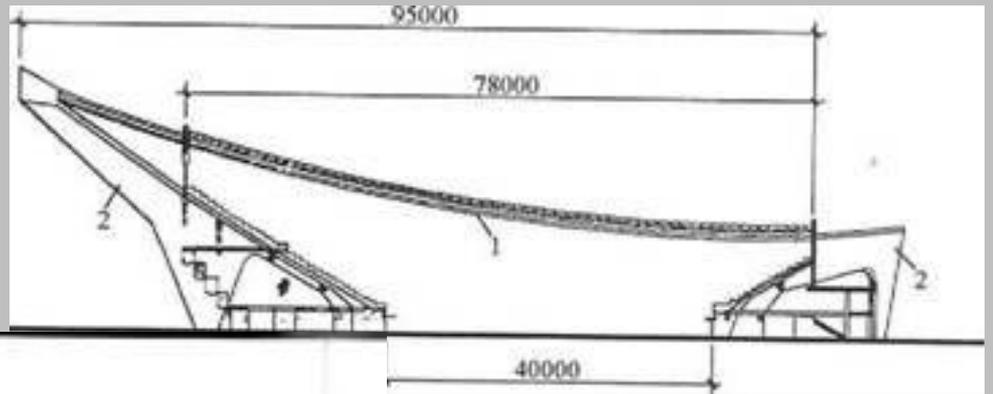
Высоту сечения гнутого двутавра задают равной $\frac{1}{40}$ - $\frac{1}{50}$ пролета, а высоту фермы $\frac{1}{35}$ - $\frac{1}{45}$ пролета. Высота зависит от соотношения постоянной и временной нагрузок, а также требуемой жесткости покрытия.

Такие покрытия не требуют специальных мероприятий для стабилизации, ее выполняют элементы, способные воспринимать растягивающие и изгибающие усилия. Стрела провеса для покрытий с жесткими нитями может быть уменьшена до $\frac{1}{20}$ - $\frac{1}{30}$ пролета при шаге нитей 3 - 4,5 м..

Для обеспечения геометрической неизменяемости висячей системы применяют различные способы ее стабилизации. В плоскостных системах для этого чаще всего прибегают к предварительному натяжению тросов путем укладки по ним сборных железобетонных плит с пригрузкой и замоноличиванием швов между плитами. После удаления пригруза тросы, стремясь сократиться до первоначальной длины, обжимают замоноличенное железобетонное покрытие, превращая его в висячую опрокинутую жесткую оболочку.



а - пригрузом; *б* - с использованием изгибно-жестких элементов; 1 - мембрана; 2 - пригруз; 3 - кольцевой кран; 4 - основные (продольные или радиальные) ребра; 5 - вспомогательные (поперечные или радиальные) ребра



Однопоясные висячие покрытия: А - схема конструкции, Б - варианты передачи распора: а - на оттяжки, б - на конструкции трибун, в - на устои, г - на конструкции обстраивающих помещений; В - пример применения системы: общий вид и разрез спортивного зала а Берлине: 1 - ванты, 2 - поперечные рамы трибун

Расчет однопоясных систем с жёсткими вантами

В таких покрытиях гнутые жёсткие ванты, прикрепленные к опорному поясу, работают под действием нагрузки на растяжение с изгибом. Причём при действии равномерной нагрузки доля изгиба в напряжениях невелика. При действии неравномерной нагрузки жёсткие ванты начинают сильно сопротивляться местному изгибу, чем значительно уменьшают деформативность всего покрытия.

Стрела провеса вант таких покрытий обычно составляет $1/20 \div 1/30 L$. Однако, использование жёстких нитей возможно лишь при небольших пролётах, т.к. с увеличением пролёта значительно усложняется монтаж и увеличивается их масса. По таким жёстким вантам можно укладывать лёгкую кровлю, отсутствует необходимость в предварительном напряжении (его роль выполняет изгибная жёсткость ванты).

При равномерной нагрузке распор в ванте определяют по формуле

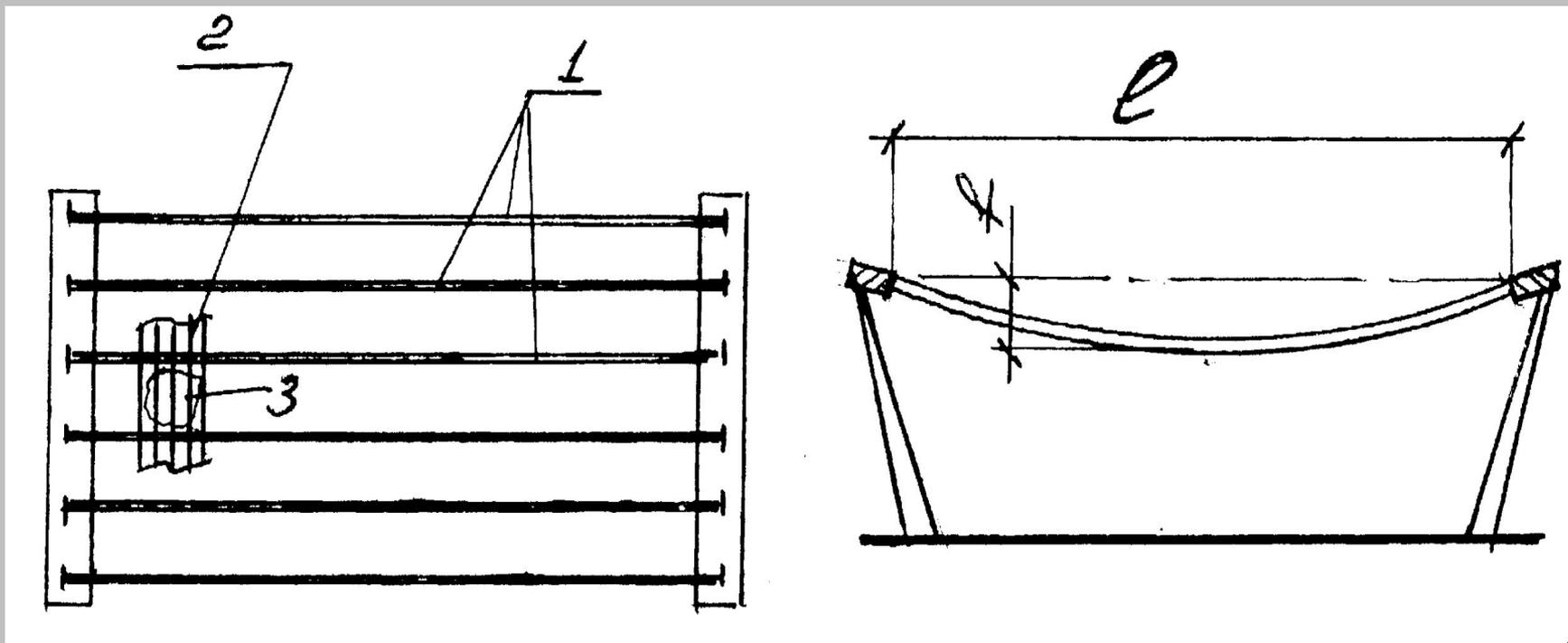
- $N = 8/3 \times [(EA)/(l^2 m_0)] \times (f + f_0) \times \Delta f + N_0;$

где $\Delta f = f - f_0$,

- f - прогиб под нагрузкой,
- f_0 – начальный провес;
- $m_1 = 1 + (16/3)/(f_0/l)^2$

Изгибный момент в середине ванты находят по формуле

- $M = q l^2 / 8 - N f .$



1 — продольные изгибно-жёсткие рёбра; 2 — поперечные рёбра;

3 — мембрана алюминиевая, $t = 1,5$ мм

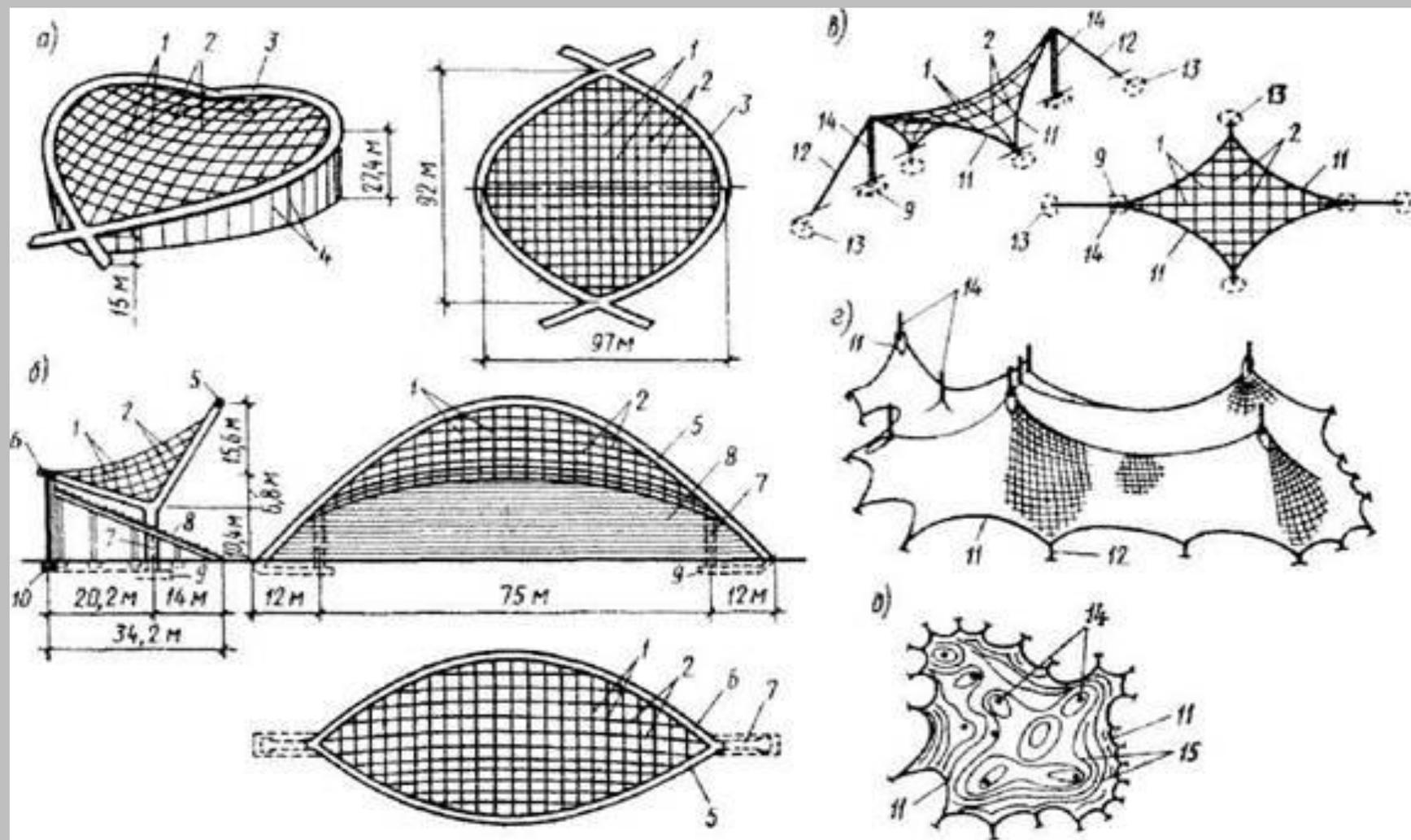


Рис. XII.30. Одноярусные, сетчатые, вантовые покрытия:

а — покрытие арены в США; б — покрытие певческой эстрады в Таллинне; в — вантовая преднапряженная сетка с тросами-подборами; г — сетчатое, многомачтовое покрытие выставочного павильона ФРГ в Монреале; д — его план с горизонталями; 1 — несущие ванты; 2 — предварительно напряженные, стабилизирующие ванты; 3 — две пересекающиеся наклонные арки — опорный контур; 4 — оттяжки, используемые как каркас ограждения; 5 — передняя наклонная арка; 6 — задняя опорная арка, опертая на стену; 7 — опоры; 8 — трибуны; 9 — фундаменты; 10 — фундамент под стену; 11 — тросы-подборы; 12 — оттяжки; 13 — анкеры; 14 — мачты под верхнее опирание тросов-подборов; 15 — горизонтали покрытия

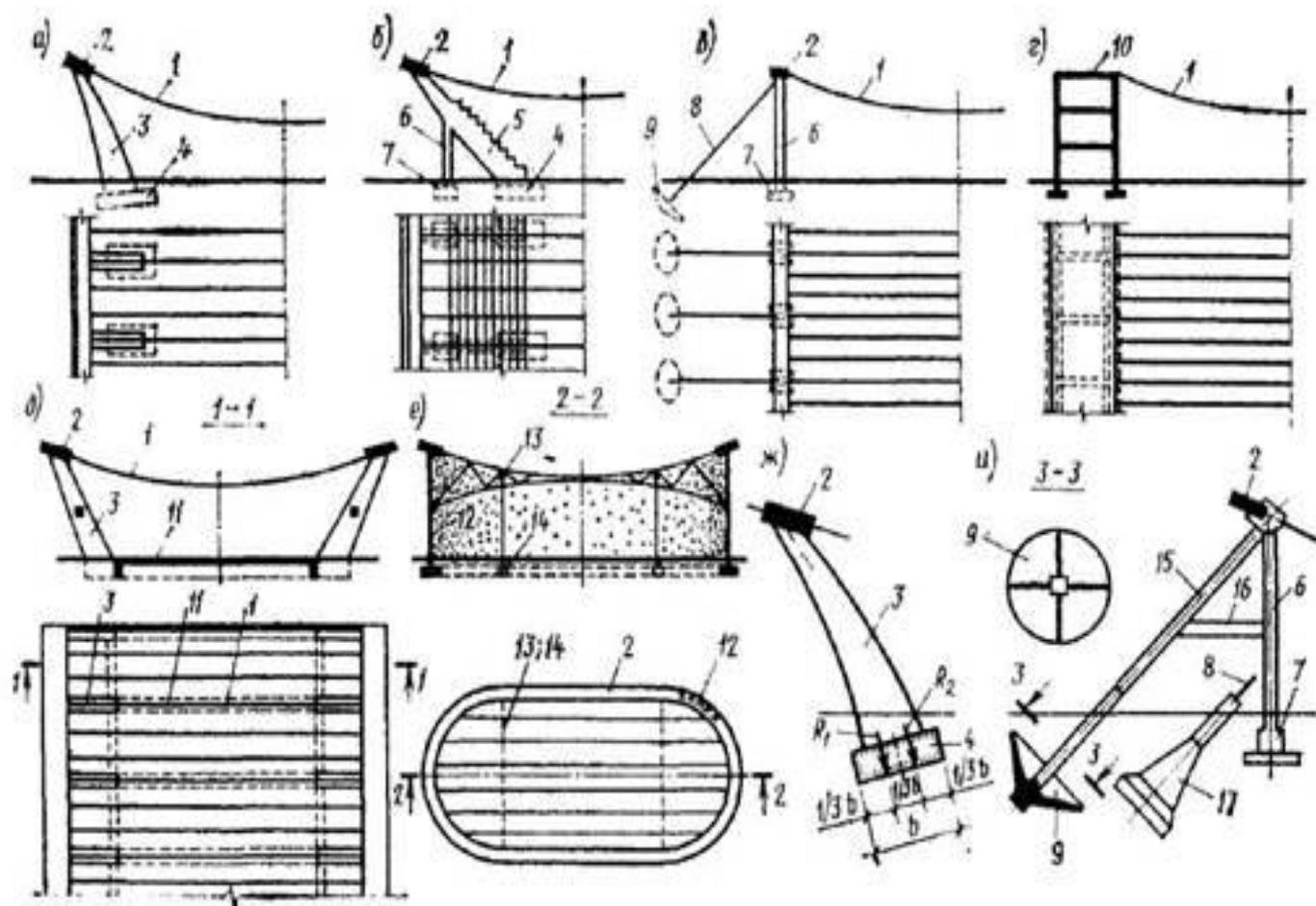


Рис. XII 34. Опираие вант и учет распора:

а — наклонная опора; б — то же, с использованием опоры под трибуну; в — опора с оттяжкой; г — примыкающая рама в качестве опоры; д — распор, уравновешенный в симметричных фундаментах; е — распор, воспринимаемый вертикально поставленными сводами с затяжками; ж — крайнее положение равнодействующих в фундаменте при условии отсутствия в его подошве растгивающих усилий; з — два варианта анкеров под оттяжку; 1 — несущая ванта; 2 — опорный контур; 3 — наклонная опора с изогнутой осью, соответствующей положениям равнодействующих; 4 — фундамент; 5 — наклонная опора, используемая в качестве несущей конструкции трибун; 6 — стойка-подпорка; 7 — фундамент под ней; 8 — оттяжка; 9 — тарельчатый анкер; 10 — рама; 11 — ребра, соединяющие противоположные фундаменты; 12 — овалы торцовые стены, работающие как вертикально поставленные своды; 13 — верхняя затяжка этого свода; 14 — нижняя затяжка; 15 — обтопленная оттяжка; 16 — соединительная перемычка; 17 — пирамидальный анкер

Известные примеры использования вантовых конструкций в мировой архитектуре

Архитектор Э. Сааринен. Аэровокзал в международном аэропорту им. Даллеса близ Вашингтона. Закончен в 1962.



Спортивно-концертный комплекс в Ереване. 1980-84.
Архитекторы А. Тарханян, С. Хачикян, Г. Погосян, Г. Мушегян.
Инженеры И. Цатурян, А. Азизян



Олимпийский стадион в Монреале



Спортивный комплекс Йоюги



Украина, Киев. НСК “Олимпийский”



Олимпийский стадион. Мюнхен, Германия.







