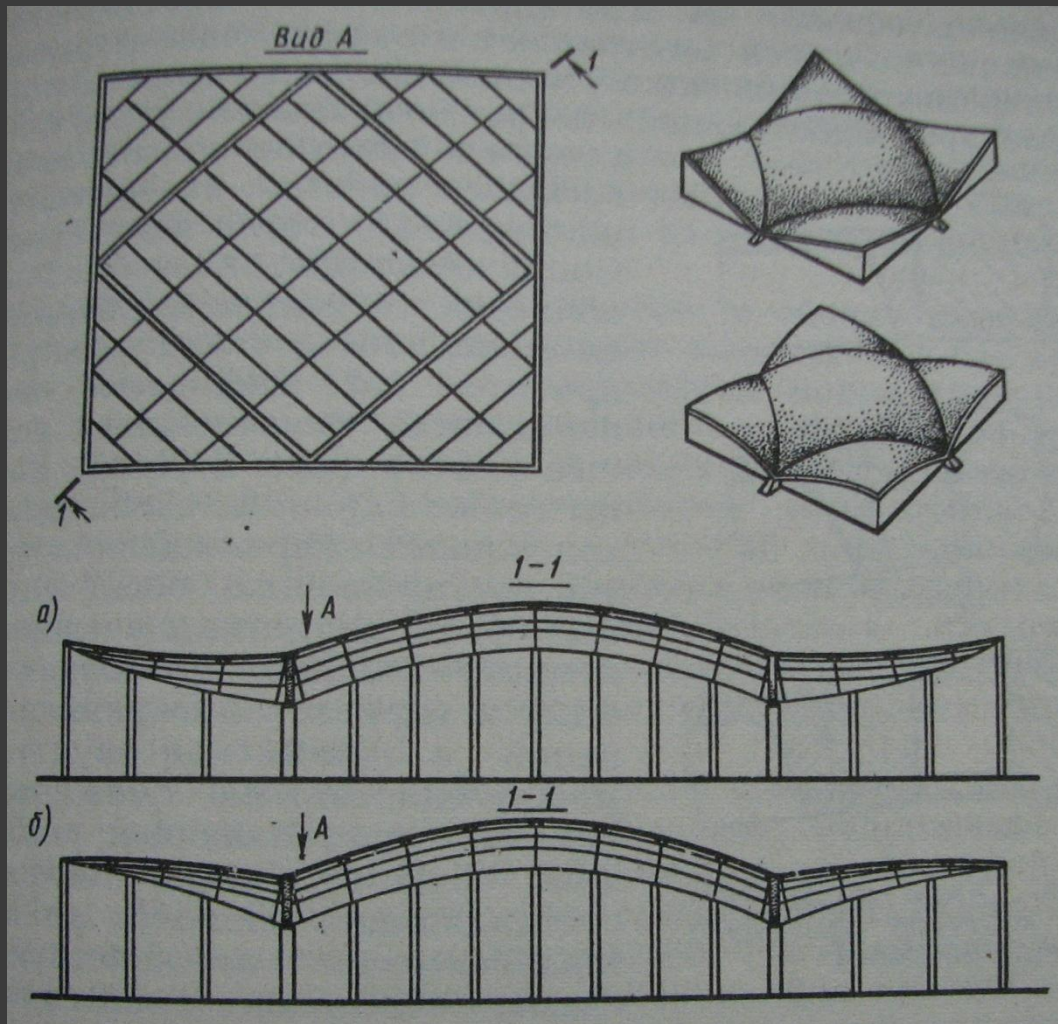


# ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ СОСТАВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

**Конструктивные схемы составных оболочек (на квадратном плане, полигональных оболочек, купольно-складчатых оболочек, составных висячих покрытий).  
Напряжённо-деформированное состояние составных покрытий.**

Составные оболочки – покрытия, образованные совокупностью элементов поверхностей, пересекающихся между собой. Каждая из составляющих оболочек – тонкостенная пространственная конструкция, очерченная по единой геометрической поверхности. В местах сопряжения элементов поверхностей происходит скачкообразное изменение кривизны

# Составные оболочки с квадратным планом



# Конструктивные схемы оболочек с квадратным планом

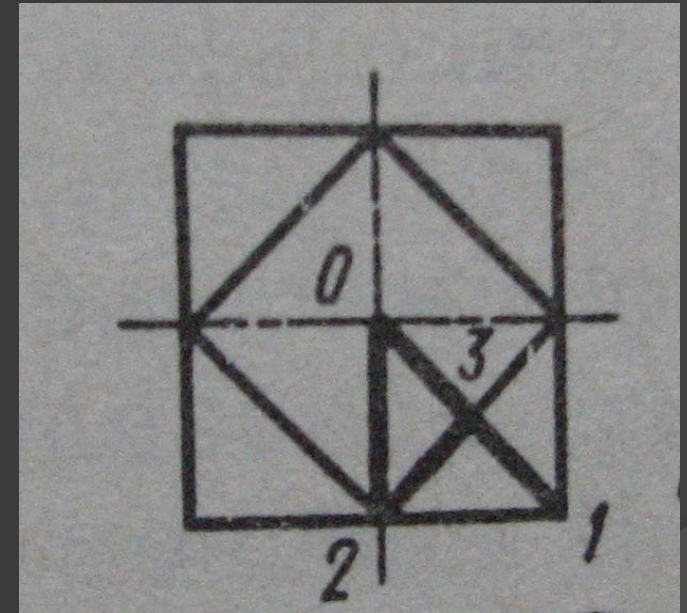
- ◎ СО с квадратным планом конструируют из составляющих оболочек положительной и отрицательной гауссовой кривизны. Центральная часть покрытия – в виде оболочки положительной гауссовой кривизны, углы которой – на контуре покрытия. Боковые оболочки м.б. положительной или отрицательной гауссовой кривизны в зависимости от функциональных и градостроительных требований. По линиям сопряжения центральной и боковых оболочек располагают промежуточные диафрагмы в виде арок или ферм. По двум др. сторонам боковых оболочек принимают контур из ригелей, шарнирно опёртых на колонны сооружения.

# НДС составных оболочек с квадратным

## ПЛАНOM

Прогибы центральной оболочки в варианте боковых элементов положит. гаусс. кривизны меньше, чем при боковых элем. отрицат. гаусс. кривизны.

Нормальные силы в рёбрах СО по диаг. осям (сеч. 0-3) – в основном растягивающие вследствие сопряжения составляющих оболочек – центр. и боковой; при боковых оболочках ПГК они меньше. Рёбра работают также и на изгиб. В полке центр. оболочки – гл. раст. и сжим. усилия в углах. По др. направлениям нормальные усилия в полке малы.



# НДС составных оболочек с квадратным планом (арочный контур)

- В арочном контуре по линии сопряжения составляющих оболочек возникают нормальные силы знакопеременного характера. Средний участок этого контура растянут значительно сильнее при боковых элементах ПГК, приопорные участки контура сжаты слабее, чем при боковых элементах ОГК.

Боковые оболочки ПГК и ОГК более интенсивно прогибаются вдоль диагоналей составного покрытия (сечение 1-3) по ср. с перпендикулярным направлением.

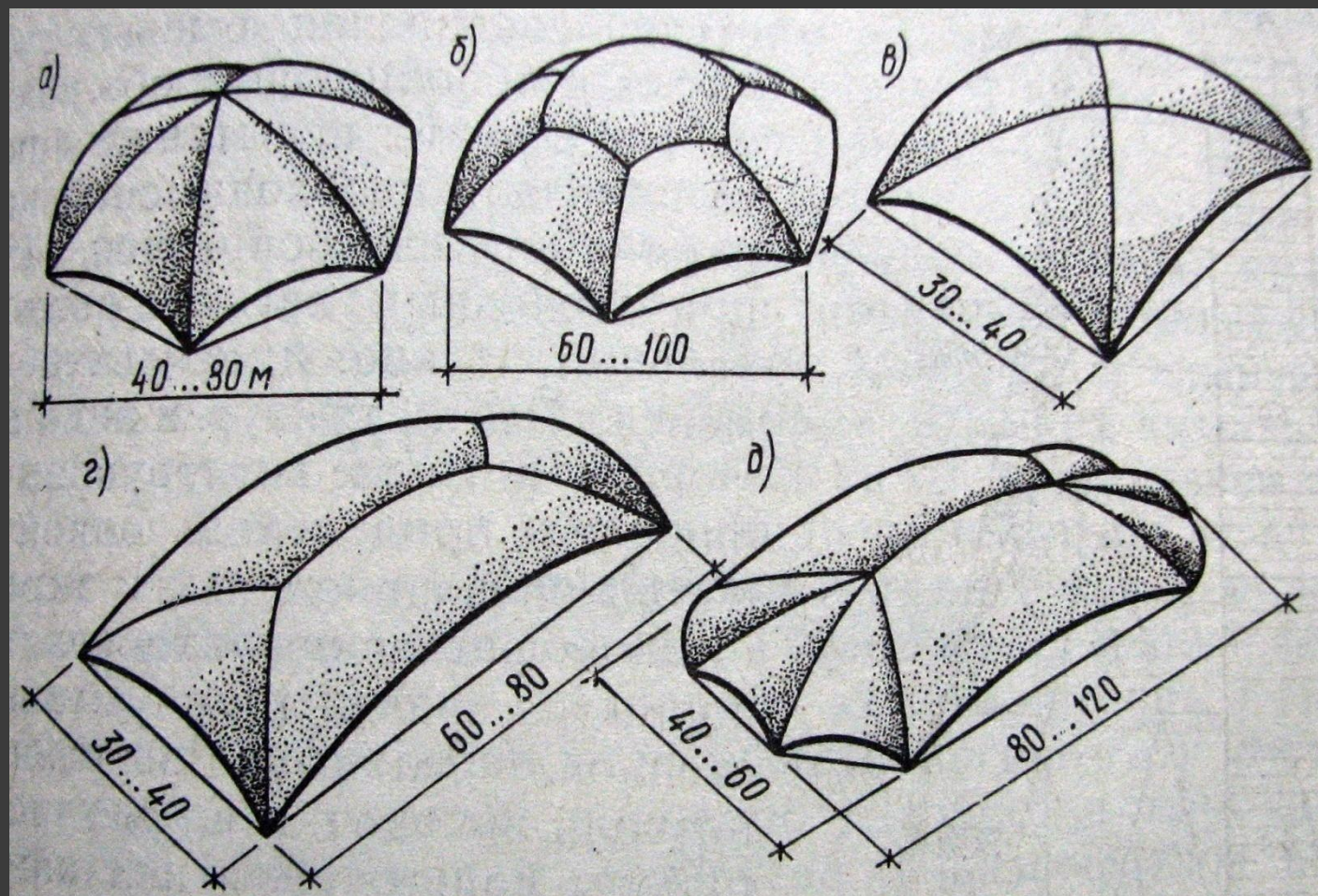
Линия максимальных прогибов – сечение 2-3 – арка по сопряжению центральной и боковых оболочек.

# НДС составных оболочек с квадратным планом (боковые оболочки)

⦿ Нормальные усилия по диагонали боковых оболочек ПГК – растягивающие у зоны сопряжения боковой и центральной оболочек, на осн. части – сжимающие. В варианте боковых оболочек ОГК вдоль всего диагонального сечения 1-3 – растягивающие усилия, в 3-4 раза большие по этому направлению, чем в обол. ПГК.

Эпюры изг. моментов вдоль 1-3 в обоих вариантах аналогичны по характеру, знакопеременные, но в обол. ОГК максимальные моменты ~ в 3 раза превышают максимальные моменты в обол. ПГК.

# Составные полигональные оболочки





# Конструктивные схемы полигональных

## (секториальных) оболочек

- Полигональные оболочки – составные оболочки с многоугольным планом, образованные совокупностью составляющих элементов-оболочек, проекции которых являются секторами окружности, на которой лежат вершины многоугольного плана (для осесимметричных планов).

Оболочка с квадратным планом – крестовый (сомкнутый) свод – наиболее ранний тип полигональной оболочки.

Покрытие на вытянутом плане (г) включает протяжённые и торцевые оболочки, продольную арку с разветвлёнными концами, опирающимися на контур в виде полигонального пояса, опёртого на колонны.

# Конструктивные схемы полигональных оболочек с осесимметричным

• **Планом** окаймляющие оболочки имеют треугольный или трапециевидный план.

Применяется каркас из ж/б или стальных арок, занимающих в покрытии центрально-радиальное положение. В каркас включены также контурные арки и элементы, окаймляющие внутреннее кольцо.

Нагрузка на сооружение передаётся на опоры радиальными арками, роль контурных арок существенно меньше. Каркас создаёт пространственную жёсткость всего сооружения и выполняет функцию монтажного стенда, на котором выполняется сборка «лепестков» укрупнёнными секциями.

# НДС составных полигональных оболочек

- Угловые зоны работают интенсивно на действие главных сжимающих и растягивающих усилий. В меридиональном и кольцевом направлениях оболочка внецентренно сжата (более интенсивно в кольцевом направлении). Радиальные арки работают более интенсивно, чем контурные арки. Прогибы радиальных арок имеют знакопеременный характер с некоторым выгибом вверх на опорных участках. Вследствие интенсивного сжатия на большей части пролёта радиальных арок явление краевого эффекта в полигональной оболочке выражено несущественно.

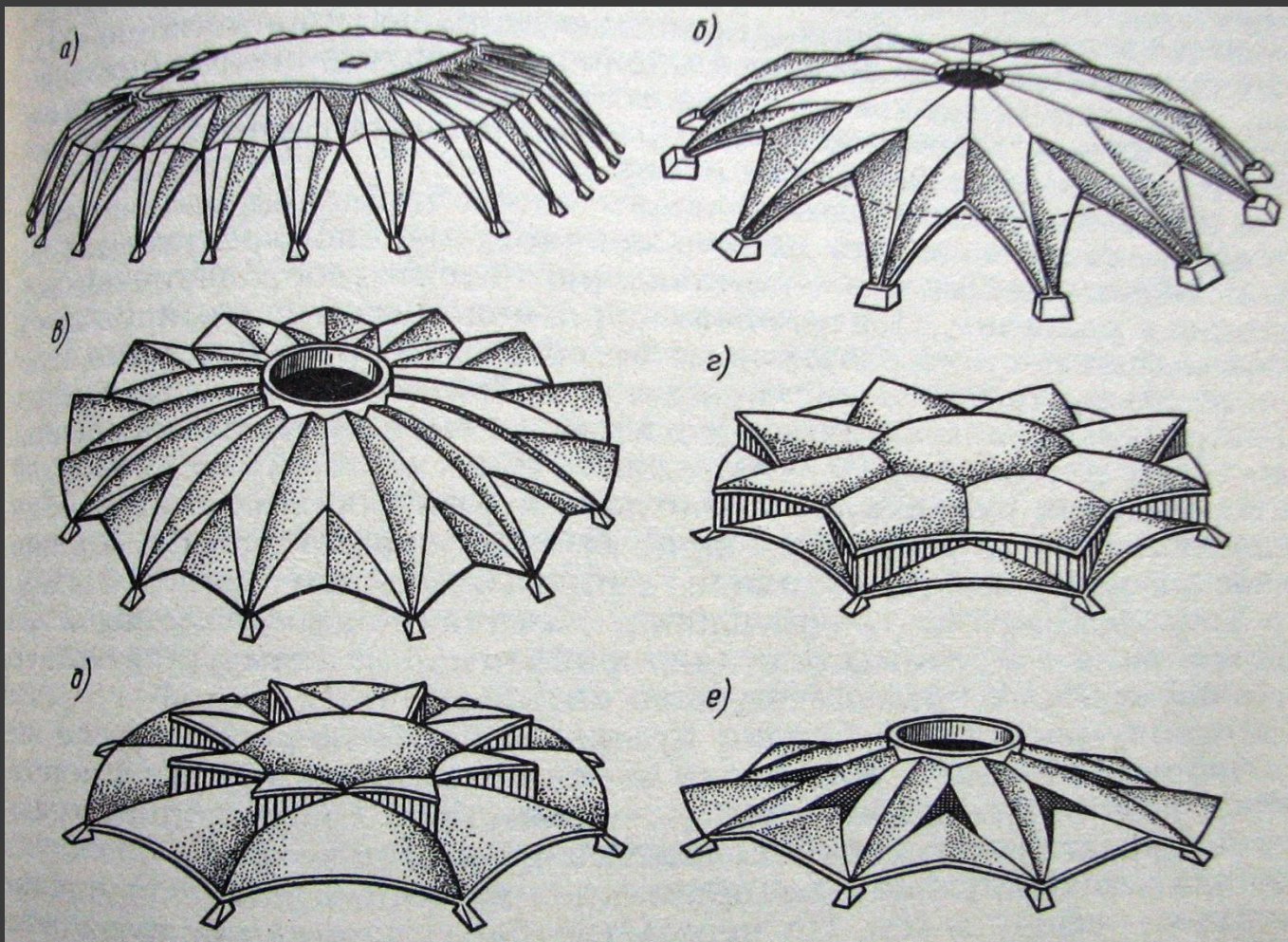
# НДС составных оболочек на вытянутом

## многоугольном плане

Значительная часть нагрузки воспринимается продольной аркой и примыкающими к ней зонами «протяжённых» оболочек, затем передаётся на разветвлённые концы арки.

Главные растягивающие усилия в «протяжённых» оболочках значительно уменьшаются за счёт передачи горизонтальных сил на разветвлённые концы арки и торцевые оболочки, работающие как контрфорсы. Это обеспечивает более рациональное НДС и позволяет применять такие оболочки для пролётов до 150м.

# Составные купольно-складчатые оболочки



# Конструктивные схемы купольно- -складчатых оболочек

- Это покрытия, в верхней части которых располагаются элементы жёсткости в виде центральной оболочки положительной гауссовой кривизны (ПГК) или центрального кольца, а в нижней – боковые складчатые оболочки, опёртые на фундаменты или контрфорсы. Очертание поверхности в верхней части покрытия более пологое, а в нижней части – более крутое, чем в обычном куполе.

Конструктивная схема здания с купольно-складчатой оболочкой представляет собой единую пространственную куполообразную систему.

# Несущая система здания с купольно-складчатой оболочкой

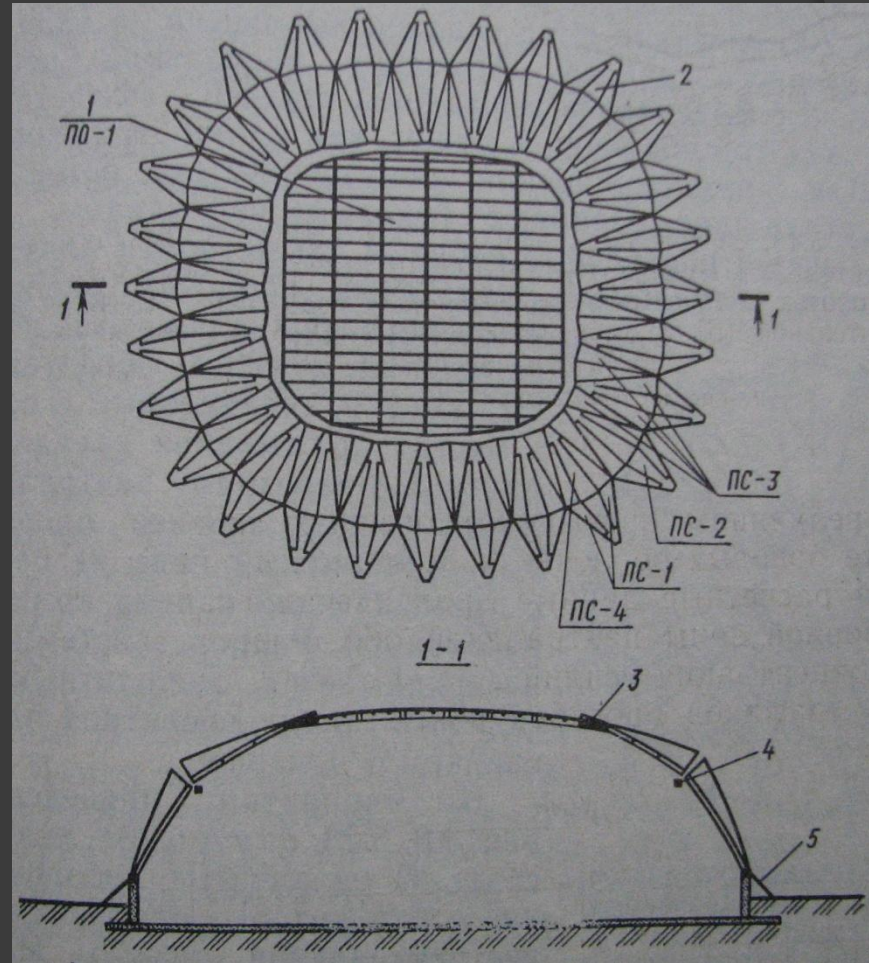
Несущая система здания включает 3 опорных кольца:

- верхнее (I) – из монолитного железобетона, замыкающее центральную оболочку и помогающее совместной работе центральной и поддерживающих оболочек;
- среднее (II) – в виде стальной затяжки в уровне линии перелома складчатых оболочек;
- нижнее (III) – в виде фундаментной плиты здания.

# Конструктивное решение и НДС купольно- -складчатого покрытия (спортзал «Дружба»)

Центральная оболочка:

пологая  $f \sim 1/8l$ , вписанная в квадрат со скруглёнными углами; состоит из рядовых прямоугольных в плане ребристых цилиндрических плит в средней зоне и доборных (трапециевидных и треугольных) в угловых зонах.





# НДС купольно-складчатого покрытия (центральная оболочка)

- На всех стадия НДС центральная оболочка и верхнее опорное кольцо работают без трещин. За исключением приконтурной зоны, ЦО работает на сжатие с незначительными изг. моментами и перемещается под нагрузкой поступательно вниз, т.е. имеет место практически безмоментное напряжённое состояние (НС).

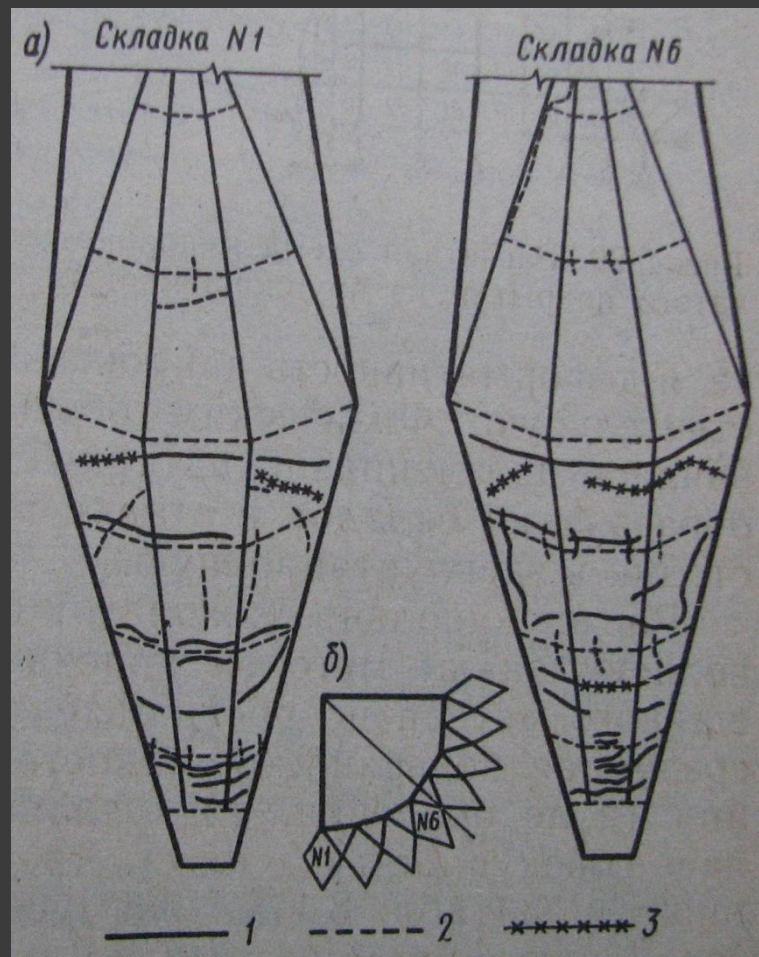
# Конструктивное решение купольно-складчатого покрытия (боковые оболочки)

- Все складчатые оболочки имеют ромбический план. Каждую складку собирают из шести ребристых плит четырёх типоразмеров. Плиты очерчены по цилиндрической поверхности с планом, близким к равнобедренному треугольнику. Ширина плит до 3,00м, длина – до 15,0м. Высота контурных рёбер 500мм, промежуточных – 300мм, толщина полки 55мм. Бетон класса В40.

# Схемы трещинообразования в купольно-складчатых оболочках и описание НДС

Складчатые оболочки работают более активно во всех стадиях НДС. Первые трещины – в полке среднего эл-та складки в кольцевом направлении от фибровых растягивающих напряжений, возникающих от изгибающих моментов.

Наибольший прогиб – в приконтурной зоне Ц.О.

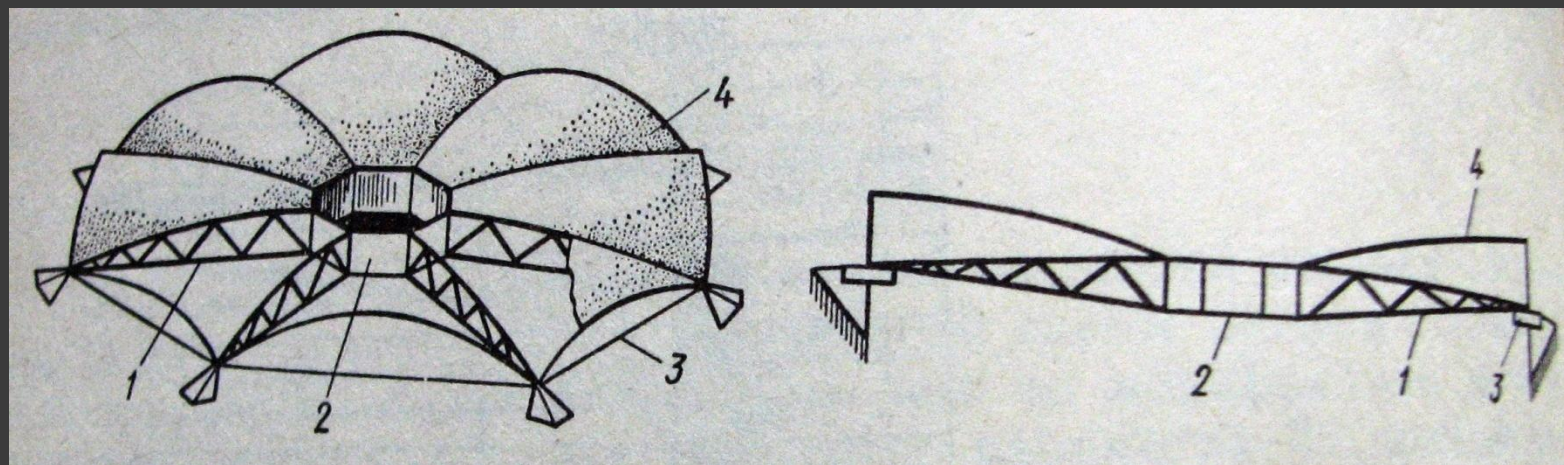


# НДС купольно-складчатых покрытий (боковые складчатые оболочки)

- В стадиях, близких к разрушению, трещины образовались и развились вдоль крайних рёбер складок, отделяющие их от полки плит, что сопровождалось большими деформациями, приведшими к разрушению.

Складчатые оболочки испытывают в продольном направлении изгиб с выгибом нижней части вверх. Горизонтальные перемещения крайних продольных рёбер складок в кольцевом направлении имеют знакопеременный характер. Работа складок в поперечном направлении существенно влияет на несущую способность конструкции сооружения в целом.

Составная висячая оболочка: 1- радиальные несущие элементы; 2 – центральное (внутреннее) кольцо; 3 – наружное полигональное кольцо; 4 – составляющая оболочка двоякой кривизны.



◎ Составные висячие покрытия возводят с центрическим планом. Они образуются криволинейной плитой из отдельных, сопряжённых в радиальном направлении оболочек двойкой кривизны; радиальными несущими элементами в виде двухпоясных вантовых ферм; наружным и внутренним контурами.

Нижние пояса несущих вантовых ферм наклонены к центру покрытия, верхние – совмещены с линиями сопряжения оболочек. Уклон верхних поясов обеспечивает сток воды по направлению к наружному контуру. Нижние пояса выполняют из тросов или стальных прокатных профилей. Верхний и нижний пояса соединены решёткой из стержней.

По контуру здания радиальные элементы опирают на колонны или фундаменты, соединённые сжатым опорн. контуром. В центре покрытия радиальные элементы прикреплены к центральному опорному кольцу.

◎ **Сопрягаемые оболочки – положительной гауссовой кривизны, что обеспечивает их работу в основном на сжатие при всех видах распределённых нагрузок.**

**Внутреннее кольцо расположено ниже середины арки наружного контура и может быть смонтировано из унифицированных железобетонных цилиндрических плит.**