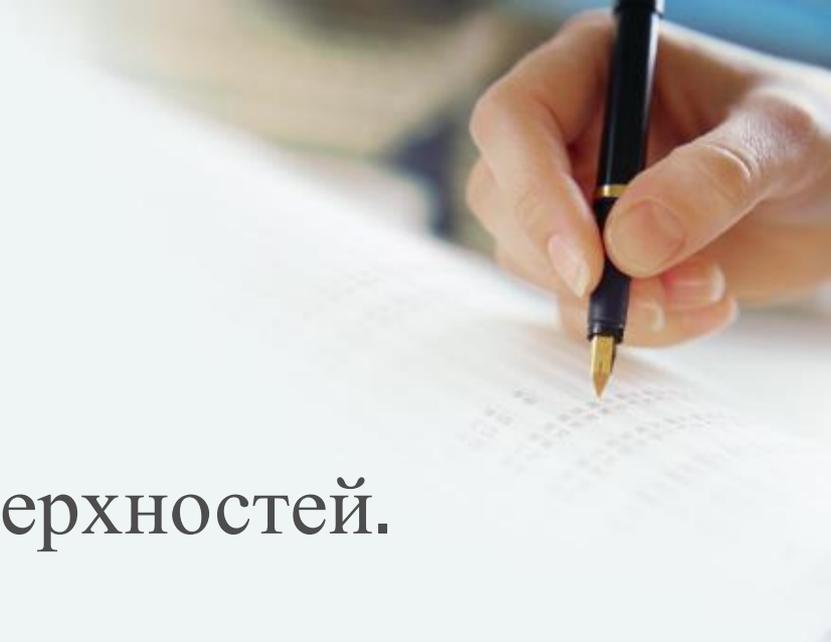
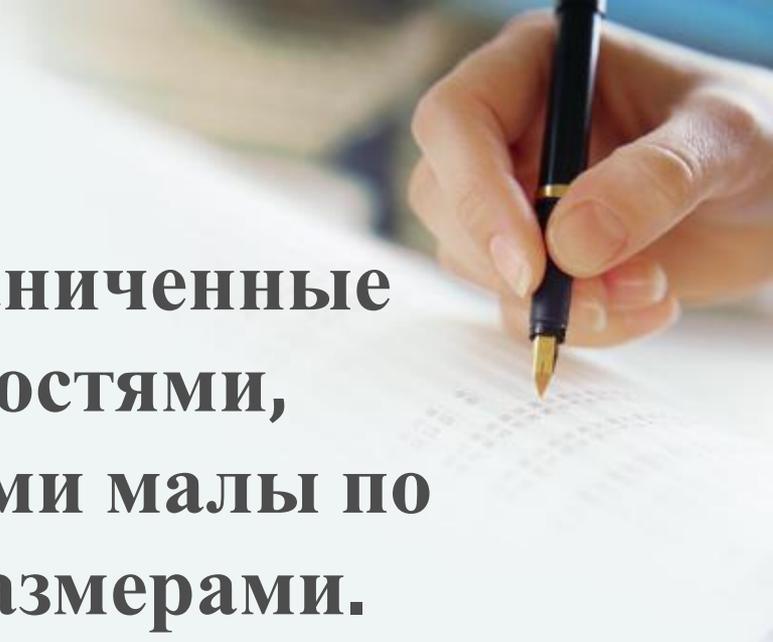
A close-up photograph of a hand holding a black fountain pen with gold accents, poised to write on a document. The document contains faint, illegible text. The background is blurred, showing a desk and a computer monitor.

**Способы образования поверхностей
двоякой кривизны. Схемы поверхностей
вращения и переноса.**

Содержание

- 1 Характеристика поверхностей.
- 2 Виды оболочек.
- 3 Конструктивное решение.
- 4 Литература.





Оболочками называются геометрические тела, ограниченные криволинейными поверхностями, расстояния между которыми малы по сравнению с другими их размерами.

- Формы разных видов оболочек различаются гауссовой кривизной, которая представляет собой произведение двух взаимно нормальных кривизны ρ_1 и ρ_2 рассматриваемой оболочки.
- Кривизной ρ_1 называется, как известно, величина, обратная радиусу кривизны R : $\rho = 1/R$.

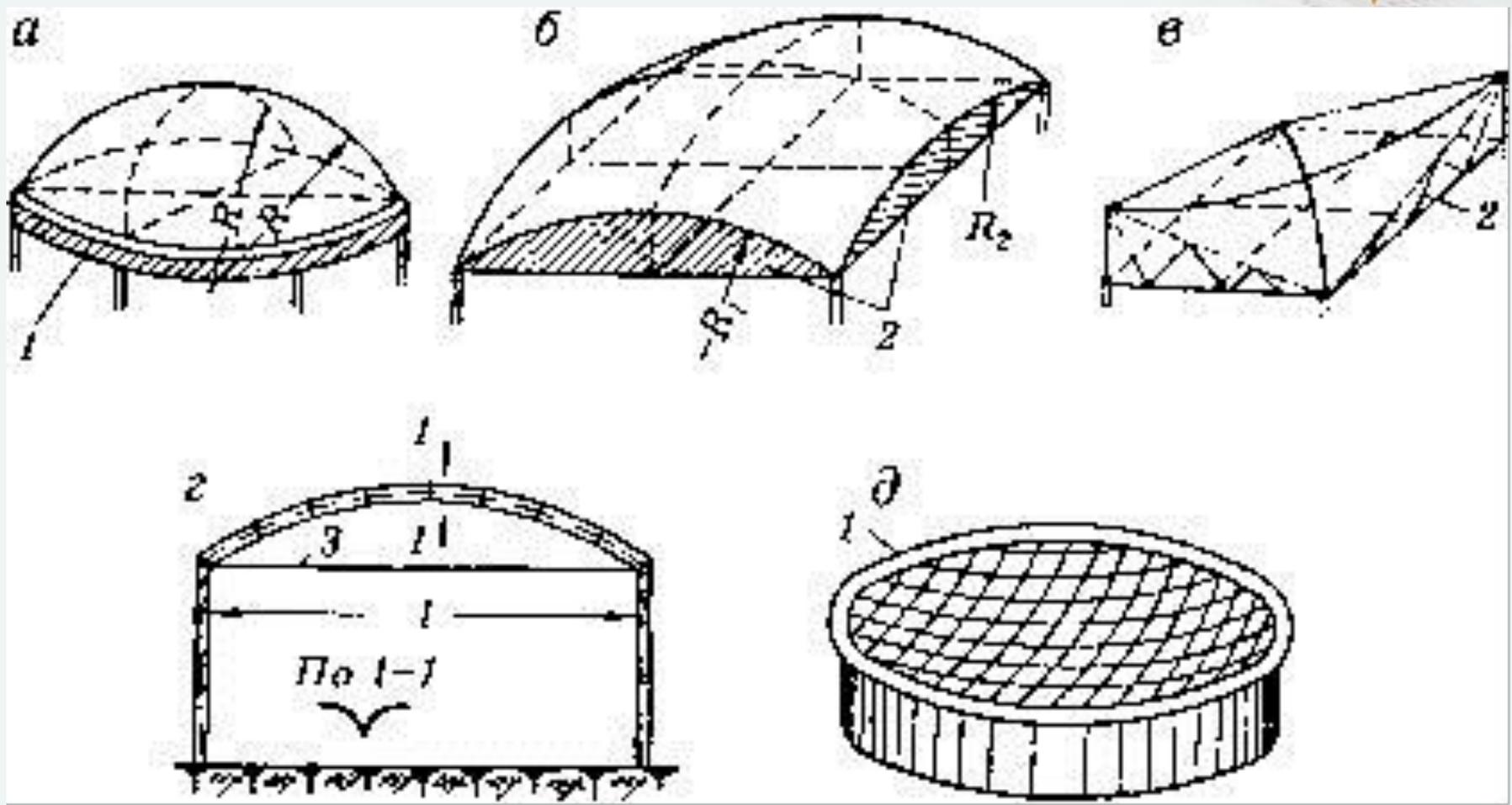


Если поверхность оболочки в одном из направлений имеет конечную величину кривизны, а в перпендикулярном ему - нулевую, то ее называют *оболочкой одинарной кривизны* (цилиндрическая и коническая оболочка - коноид).

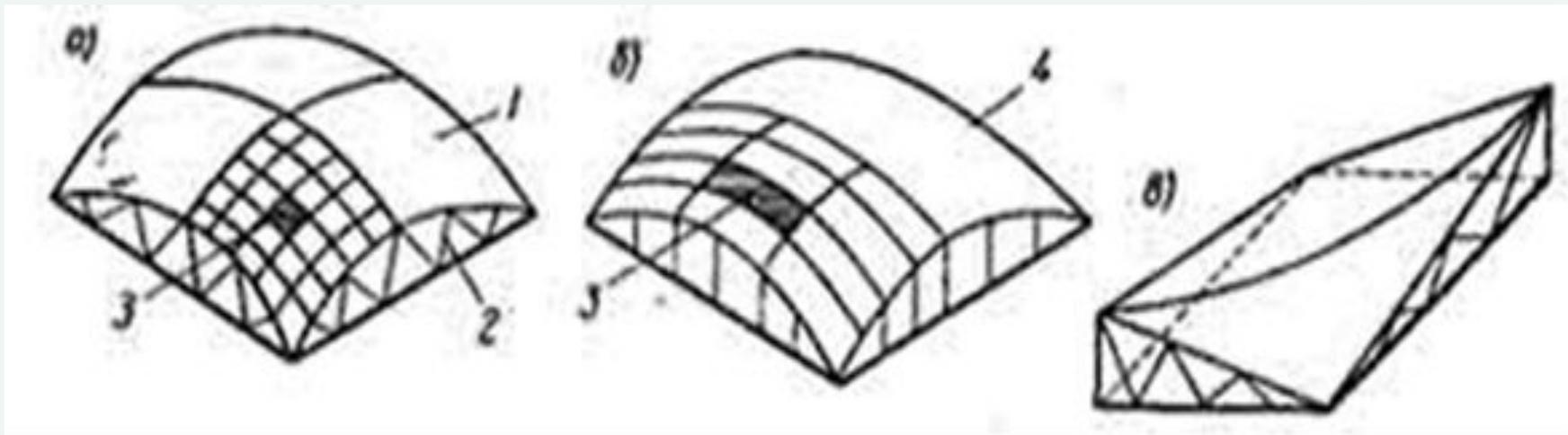
Оболочки двойкой кривизны делятся:

- бочарные своды, волнистые своды, очертание которых в поперечном сечении может быть криволинейным или складчатым.
- выпукло-вогнутые (седловидные) оболочки
- вогнутые висячие оболочки на круглом или эллиптическом плане,
- оболочки вращения с вертикальной осью купола
- выпуклые оболочки переноса на прямоугольном плане





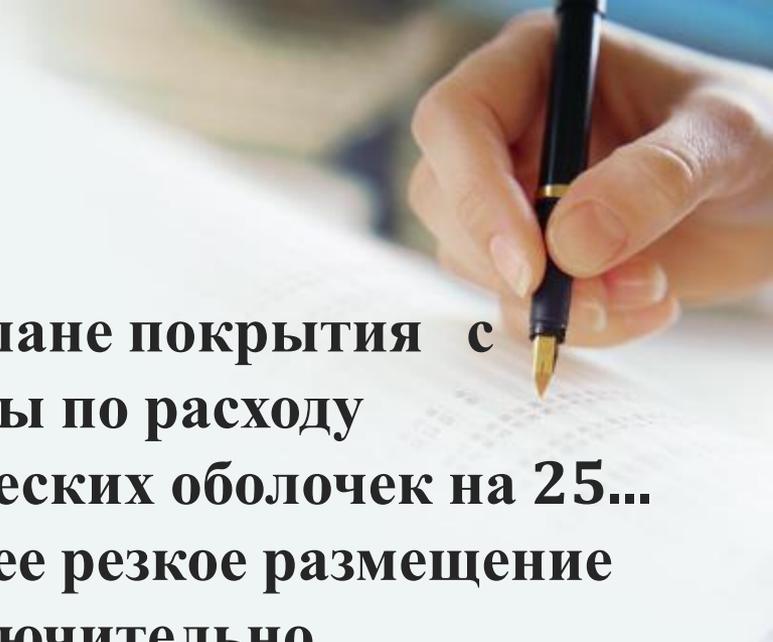
К оболочкам положительной гауссовой кривизны относятся все купольные оболочки (сфероид или эллипсоид вращения и т.п.), оболочки переноса (бочарные своды) и т.п. Характерным примером поверхности отрицательной кривизны является гиперболический параболоид, формируемый перемещением параболы с ветвями вверх по параболе ветвями вниз.



Оболочки двойной кривизны, а б - положительной кривизны; в - отрицательной кривизны 1 - поверхность переноса; 2-диафрагма; 3 - сборный плоский элемент оболочки; 4-сферическая поверхность

Преимущества

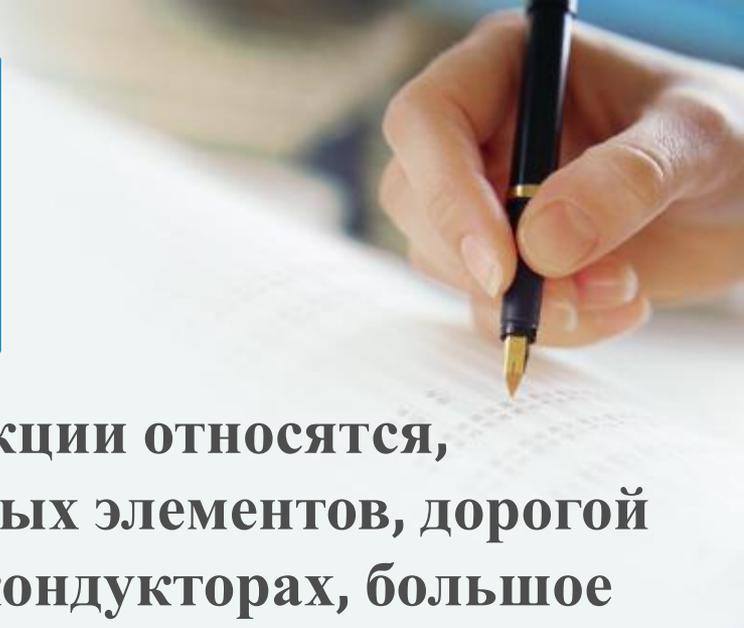
Железобетонные прямоугольные в плане покрытия с оболочками положительной кривизны по расходу материалов экономичнее цилиндрических оболочек на 25... 30 %. Для них допускается еще более резкое размещение опор, благодаря чему создаются исключительно благоприятные условия для эксплуатации многих помещений производственного и общественного назначения. Конструкция такого покрытия состоит из тонкостенной плиты, изогнутой в двух направлениях, и диафрагм, располагаемых по контуру и связанных с ней монолитно. Покрытие в целом опирается по углам на колонны, но возможно и опирание оболочки по всему контуру.



В отечественной практике сборные покрытия с пологими оболочками положительной кривизны выполнялись по различным конструктивным схемам. В одной из них оболочку членили на панели с одинаковыми номинальными размерами в плане 3X3 м (рис. 125, а). Панели делали плоскими, усиленными по контуру ребрами. В средней части оболочки панели имели квадратную форму, в периферийной - ромбовидную. Кроме контурных ребер панели имели диагональные ребра, в концах которых были предусмотрены выпуски стальной арматуры. Соединение плит оболочки между собой достигалось сваркой выпусков арматуры с последующим замоноличиванием швов. Необходимая связь скорлупы-оболочки с контурными фермами осуществлялась сваркой арматуры, выпущенной из верхних поясов ферм, с арматурой, выпущенной из ребер крайних и угловых панелей, и замоноличиванием стыков бетоном.

Недостатки

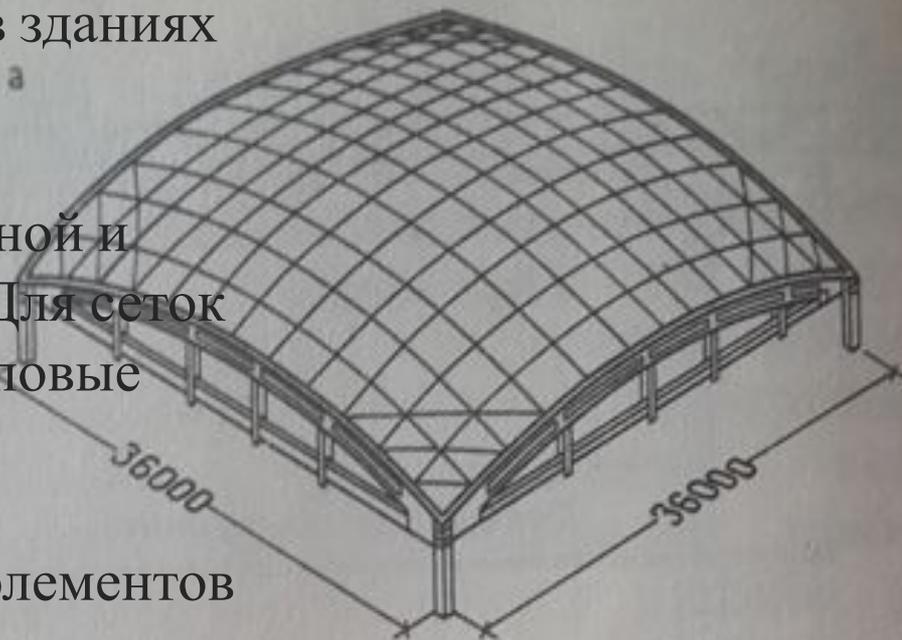
К недостаткам такой конструкции относятся, сравнительно мелкие размеры сборных элементов, дорогой и трудоемкий монтаж на сложных кондукторах, большое число швов и сварных соединений. В другой конструктивной схеме (см. рис. 125, б) сферическую оболочку расчленяют на цилиндрические панели с номинальными размерами в поверхности оболочки 3×12 м. Здесь нет недостатков, присущих предыдущей схеме, однако, цилиндрические панели сложны при изготовлении и транспортировании. Возможны и другие конструктивные схемы.



Пологие оболочки (двоякой положительной кривизны)

Пологие оболочки (двоякой положительной кривизны) применяются для покрытия как в бескрановых промышленных зданиях, так и в зданиях с подвесными кранами грузоподъемностью до 5 т. Их устраивают в зданиях с квадратной и прямоугольной сеткой колонн. Для сеток 18*18-36*36 м разработаны типовые решетки с унифицированными конструктивными элементами.

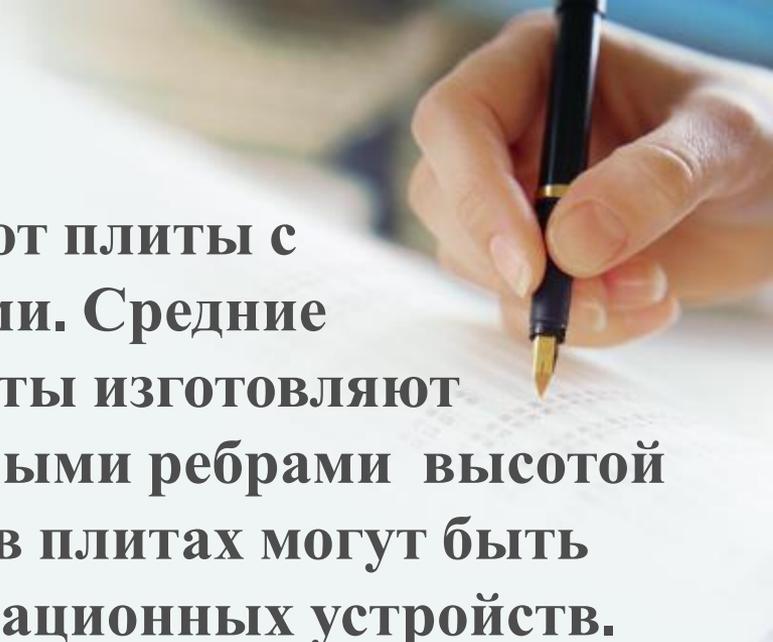
Оболочка состоит из сборных элементов и опирается на контурные фермы, арки или стены



Основная часть оболочки работает на сжатие, значительные растягивающие усилия возникают только в угловых зонах. Первоначально оболочки выполняли из плоских одного типа квадратных плит 3*3 м

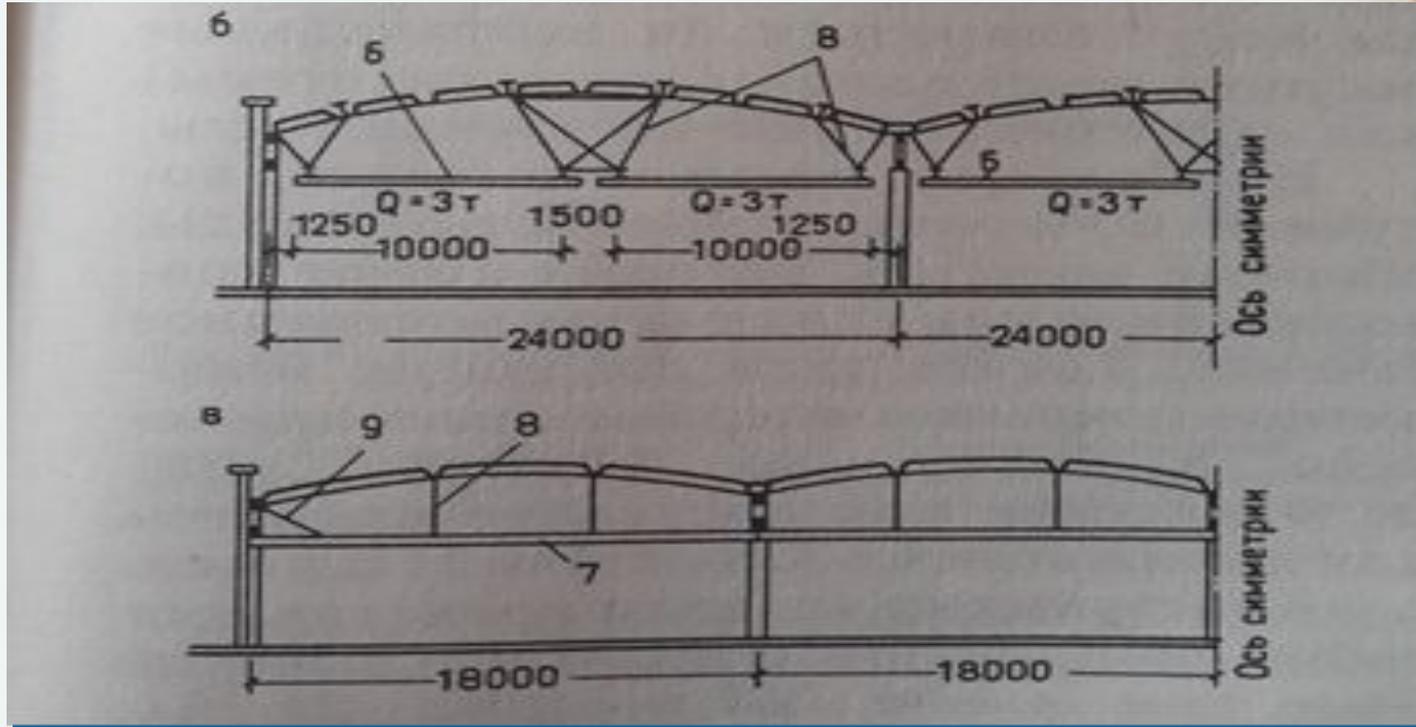


Рис. 24.23. Покрытие с несущей конструкцией в виде оболочки положительной гауссовой кривизны из плит 3×3 м
а — общий вид; б — типы плит: 1 — отверстие в плите; 2 — пазы для образования в швах бетонных шпонок

A close-up photograph of a person's hand holding a black pen with a gold nib, writing on a white document. The background is blurred, showing what appears to be a desk or workspace.

По контуру оболочки укладывают плиты с утолщенными бортовыми ребрами. Средние квадратные железобетонные плиты изготавливают толщиной 30-50мм с диагональными ребрами высотой 200 мм. В случае необходимости в плитах могут быть устроены отверстия для светоаэрационных устройств. Плиты соединяют между собой и с контурными фермами путем сварки концов арматуры, выпущенной из плит и верхнего пояса фермы с последующим замоноличиванием швов. Контурные фермы смежных оболочек имеют общий нижний пояс, разделенный верхний пояс и разделенную решетку.

Покрытие с несущими конструкциями в виде оболочек положительной гауссовой кривизны из плит 3*6м.



А - общий вид, б - поперечный разрез, в - продольный разрез при шаге колонн 18м, 1-поперечные ребра оболочки, 2-продольные ребра оболочки, 3-точки переломов поверхности, 4-укрепленная монтажная секция, 5-монолитные угловые зоны, 6-подвесной кран, 7-подвесные пути, 8-подвески, 9-продольные тормозные связи.



Треугольные подвески крепят в швах между плитами (рис 24.24,б,в) через 6 м в направлении шага колонн и через 3 м по длине пролета. Плиты оболочки имеют по контуру ребра высотой 160 мм. Поперечные диафрагмы образуют торцовыми ребрами крайних панелей и железобетонными затяжками. Стыки плит устраивают из арматурных выступов путем замоноличивания швов с образованием бетонных шпонок и сварки арматурных каркасов ребер. На покрытии таких пологих оболочек, возможно, располагать световые и аэрационные фонари.

Покрытия с оболочками положительной гауссовой кривизны, прямоугольные в плане.

- Железобетонные прямоугольные в плане покрытия с оболочками положительной гауссовой кривизны по расходу материалов экономичнее цилиндрических оболочек на 25...30%. Для них допускается весьма редкое размещение опор, благодаря чему создаются исключительно благоприятные условия для эксплуатации многих помещений производственного и общественного назначения.
- Конструкция покрытия состоит из тонкостенной плиты, изогнутой в двух направлениях, и плоских диафрагм, располагаемых по контуру и связанных с ней монолитно. Покрытие в целом может опираться по углам на колонны; возможно опирание оболочки и по всему контуру.

Покрытия с применением оболочек положительной гауссовой кривизны, прямоугольные в плане

а — расчетная
схема:
б — элемент
единичных
размеров,
выделенных из
горизонтальной
проекции
оболочки; **в** -
покрытие крытого
рынка в Москве
(сборные
конструкции).

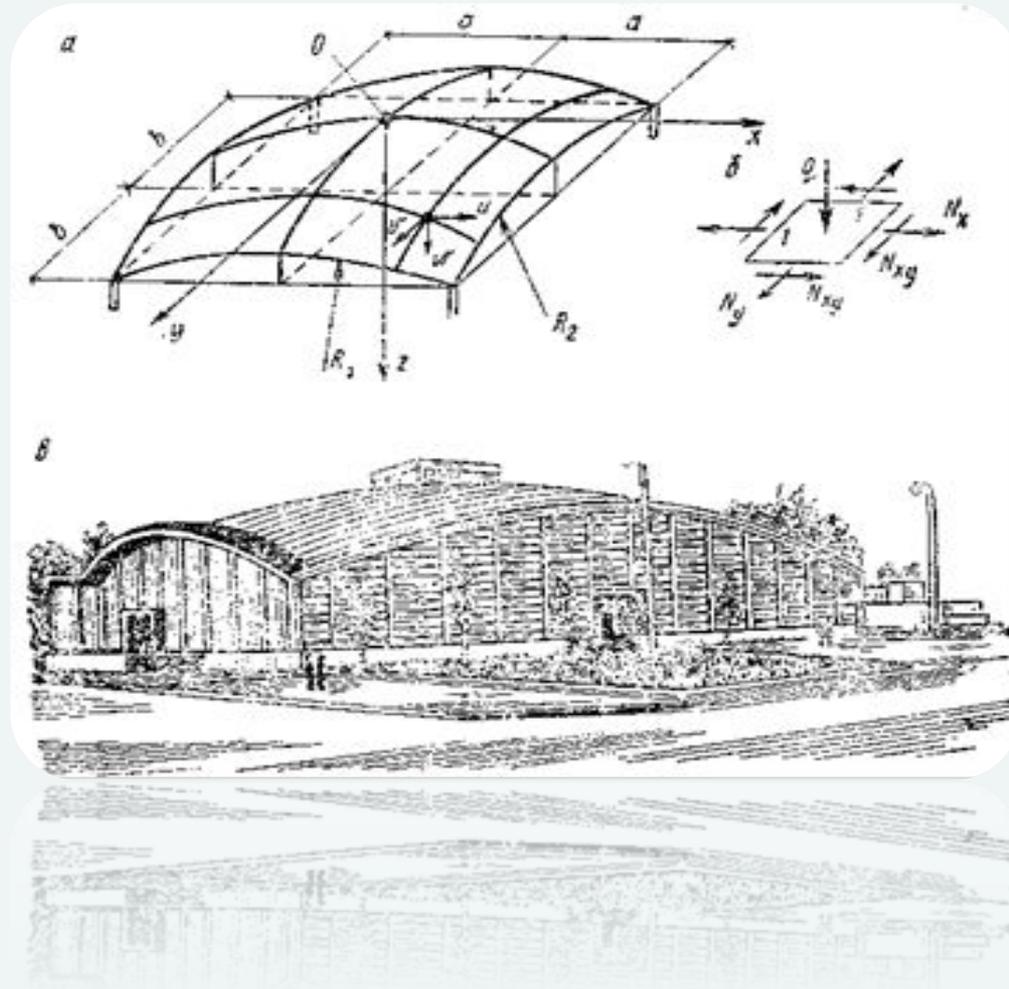
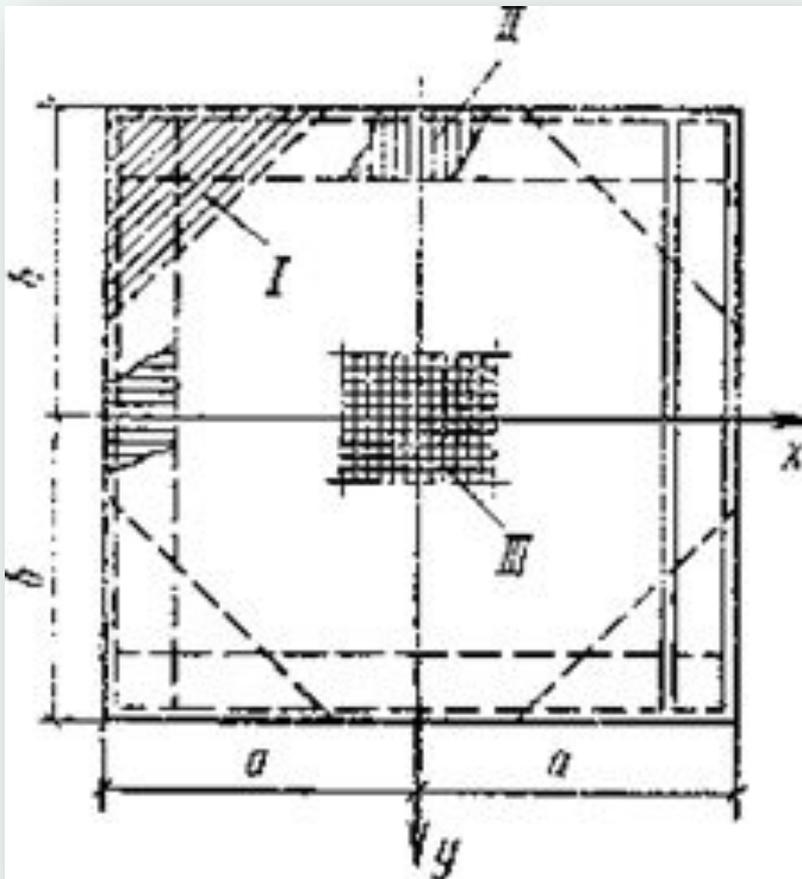


Схема армирования пологой оболочки двоякой кривизны, прямоугольной в плане



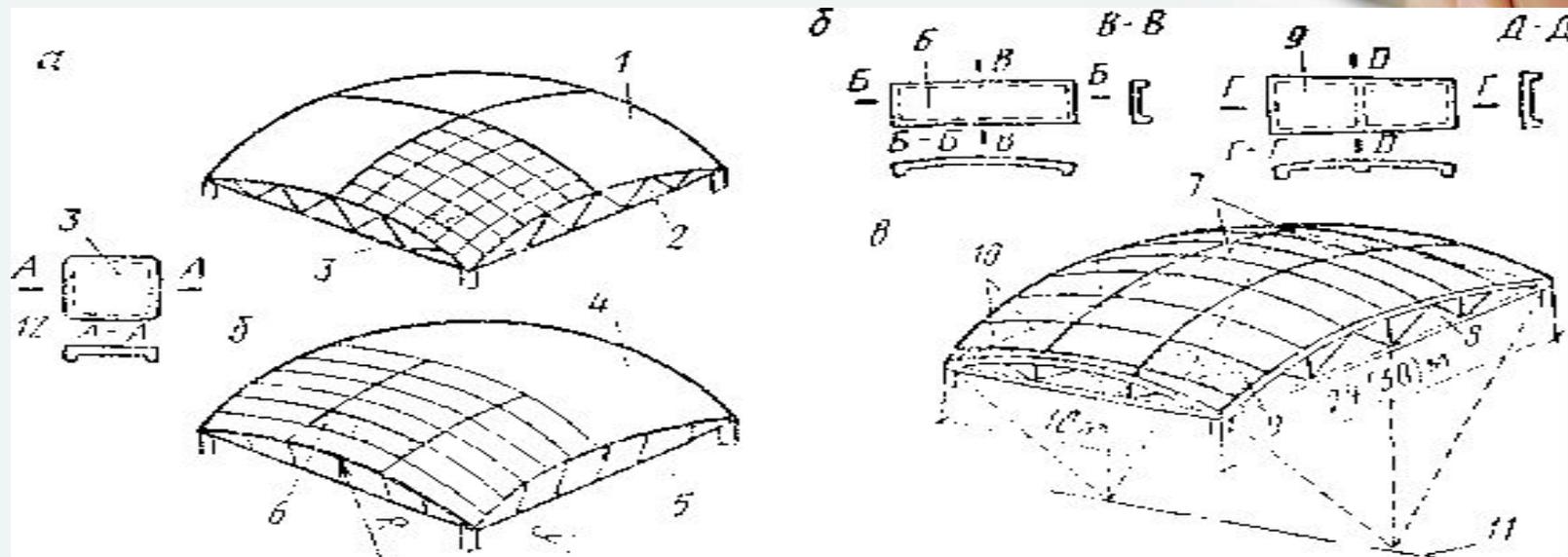
Армируют оболочки в соответствии с силами и моментами, возникающими в них под действием внешней нагрузки



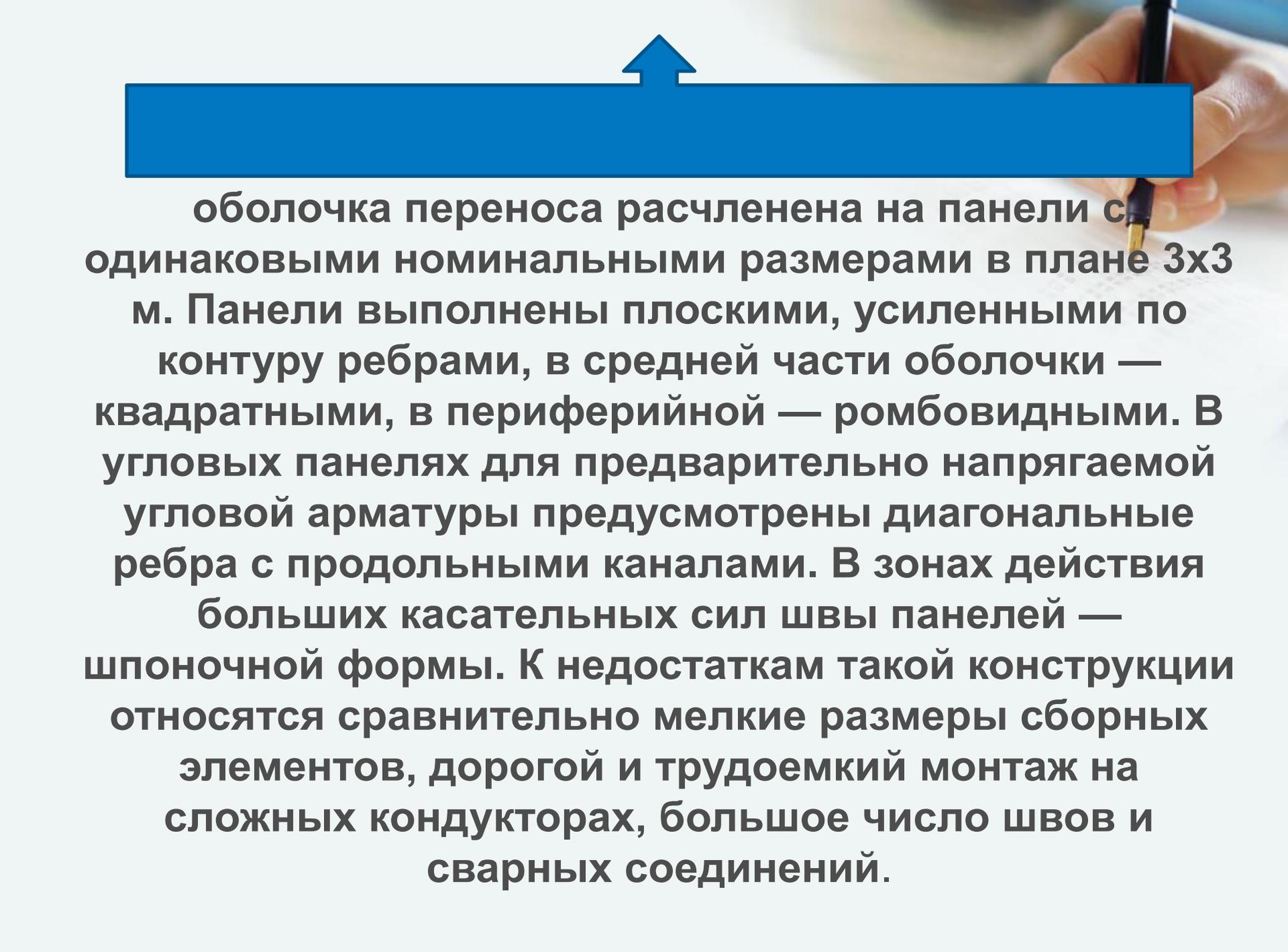
I...111 — типы арматуры затяжки арок и нижние пояса ферм делают предварительно напряженными. В угловых частях оболочки действуют наибольшие сжимающие усилия в диагональном направлении. Здесь по условию прочности толщину оболочки увеличивают, соблюдая принятые в практике условия:

В углах укладывают наклонную арматуру типа I из расчета восприятия главных растягивающих сил; в приконтурных зонах ставят арматуру типа II, предназначенную для восприятия местных изгибающих моментов; по всей оболочке размещают конструктивную арматуру типа III. Арматуру I целесообразно подвергать предварительному напряжению.

Конструктивные схемы сборных покрытий с пологими оболочками положительной гауссовой кривизны, образованными по поверхности



а — переноса (из плоских элементов 3×3 м); б — шара (из цилиндрических элементов 3×12 м); в — вращения (из цилиндрических элементов); 1 — поверхность переноса; 2 — вертикальная диафрагма; 3 — схема сборного элемента оболочки; 4 — сферическая поверхность; 5 — наклонная контурная конструкция; 6 — схема сборного элемента оболочки; 7 — поверхность вращения с горизонтальной осью вращения; 8 — сегментная ферма с треугольной решеткой; 9 — схема типового сборного элемента крайнего пояса оболочки; 10 — доборные приконтурные элементы; 11 — ось вращения; 12 — выпуски арматуры.



оболочка переноса расчленена на панели с одинаковыми номинальными размерами в плане 3х3 м. Панели выполнены плоскими, усиленными по контуру ребрами, в средней части оболочки — квадратными, в периферийной — ромбовидными. В угловых панелях для предварительно напрягаемой угловой арматуры предусмотрены диагональные ребра с продольными каналами. В зонах действия больших касательных сил швы панелей — шпоночной формы. К недостаткам такой конструкции относятся сравнительно мелкие размеры сборных элементов, дорогой и трудоемкий монтаж на сложных кондукторах, большое число швов и сварных соединений.

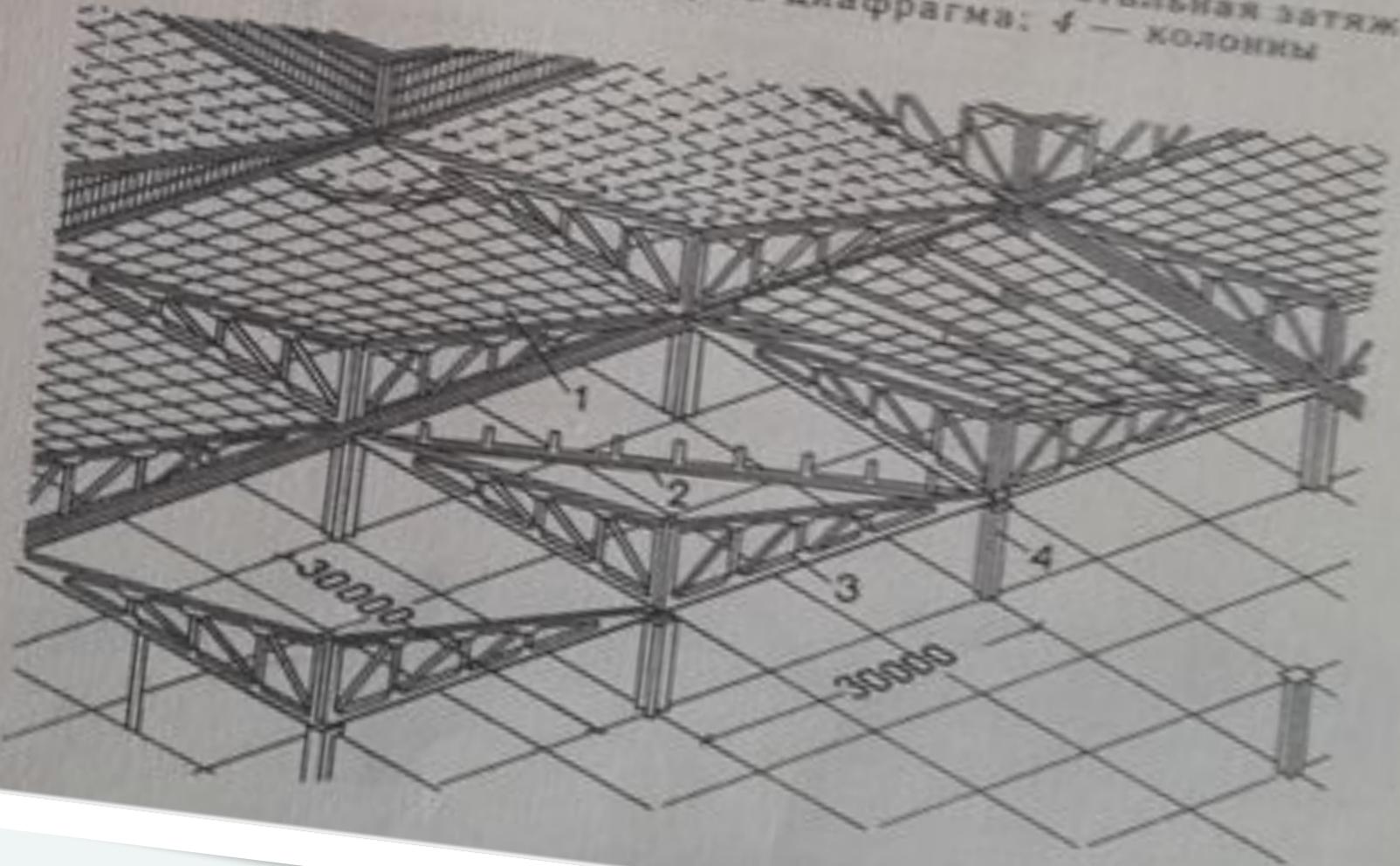
Оболочки в форме гиперболического параболоида (двойкой отрицательной кривизны).

Оболочки в форме гиперболического параболоида (двойкой отрицательной кривизны) позволяют получить покрытия, обладающие рядом преимуществ по сравнению с оболочками других типов. У них шире архитектурные возможности, меньший объем, занимаемый оболочкой по отношению к перекрываемой площади, прямая - образующая, так как оболочка относится к линейчатым поверхностям, устойчивость формы при действии равномерной вертикальной нагрузки.

Оболочками в виде гиперболического параболоида можно перекрывать производственные здания как прямоугольной сеткой колонн $18*6$. $24*6$ м и т.д., так и с квадратной; $18*18$, $24*24$, $30*30$, $42*42$ м и более. Оболочки допускают подвеску подъемно-транспортного оборудования. Оболочки в виде гиперболического параболоида, предназначенные для устройства покрытий при квадратной сетке колонн $30*30$ м (рис 24.25), собирают из ребристых плит размером в плане $3*3$ м, армированных сетками с толщиной поля плиты 35-40 мм и высотой ребер 120 мм. Плиты в каждой секции стыкуют сваркой закладных деталей в узлах по длине ребер оболочки. Швы между плитами замоноличивают.

Рис. 24.25. Конструктивная схема оболочки в виде гиперболического параболоида отрицательной гауссовой кривизны при квадратной сетке колонн

1 — плиты, образующие поле оболочки; 2 — стальная затяжка; 3 — контурная ферма-диафрагма; 4 — колонны



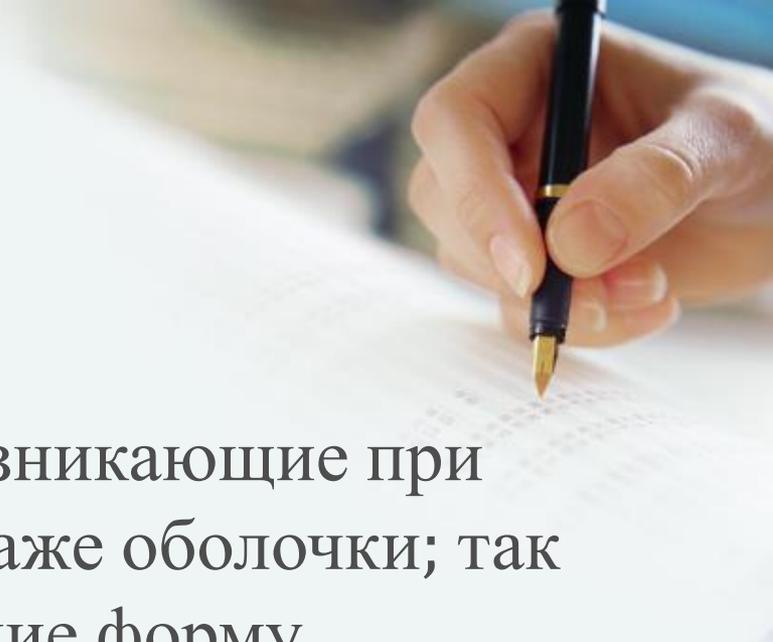


Оболочки по контуру опираются на фермы пролетом 30 м. Горизонтальные усилия, передаваемые фермами на колонны, воспринимают железобетонными предварительно напряженными затяжками, которые располагают по диагонали оболочки или в плоскости форм диафрагм.

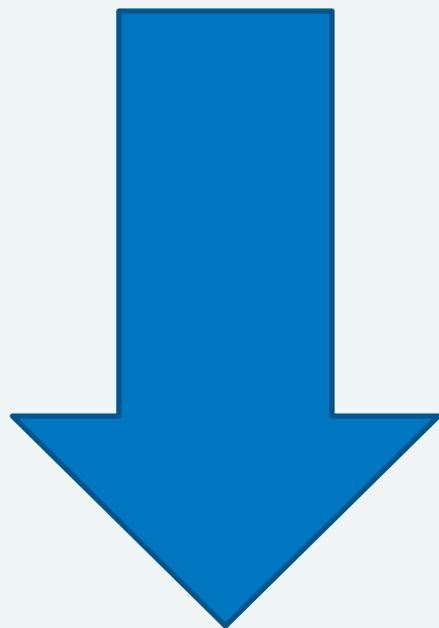
Оболочки отрицательной кривизны имеют достаточно хорошие показатели по расходу материала.

Недостатки

- большие трудовые затраты, возникающие при изготовлении плит и при монтаже оболочки; так как сборные элементы, имеющие форму гиперболического параболоида, не дают полностью механизировать процесс их изготовления, транспортировка их затруднена, после монтажа плит возникает необходимость замоноличивать большое число швов.



Основные типы поверхностей



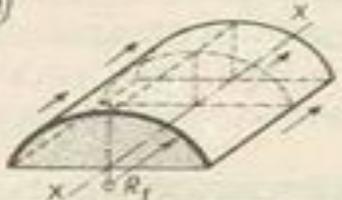
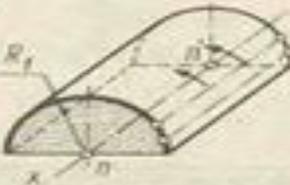
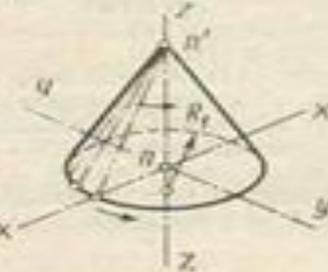
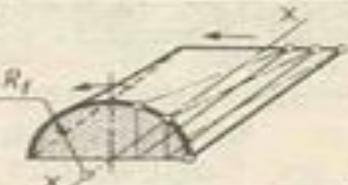
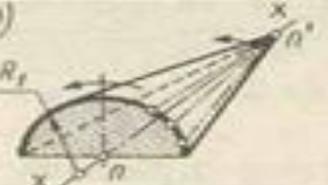
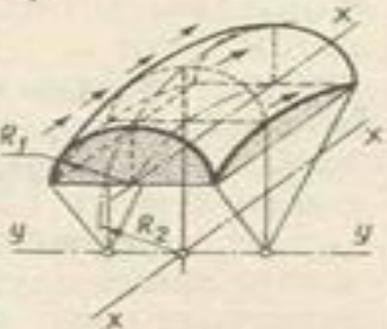
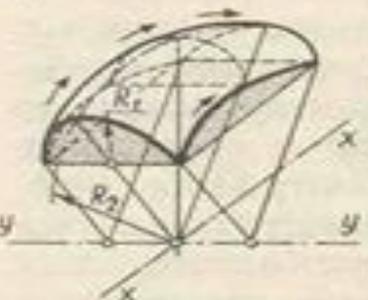
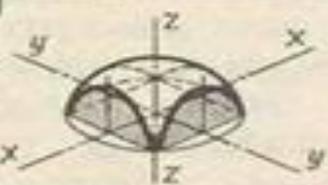
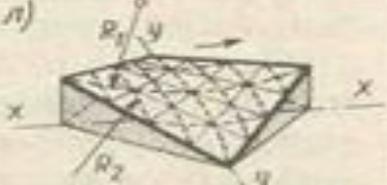
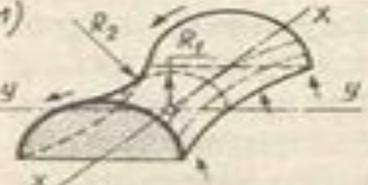
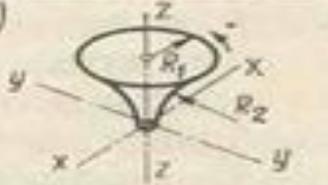
Гауссова кривизна	Оболочки переноса	Оболочки вращения вокруг:	
		горизонтальных осей x (y)	вертикальной оси z
нулевая кривизна $1/R_1 \times 1/R_2 = 0$ ($R_2 = \infty, 1/R_2 = 0$)	а) 	б) 	в) 
	з) 	д) 	
положительная кривизна $(+1/R_1) \times (+1/R_2) > 0$	е) 	ж) 	и) 
			к) 
отрицательная кривизна	л) 	м) 	н) 

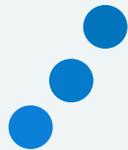
Рис. XII.19. Основные типы поверхностей оболочек:

а, б — цилиндрическая; в, д — конически вертикальная и горизонтальная; з — коническая; е — бочарная; ж — тороидальная; и — сферическая; к — парусная; л, м — с поверхностью гипара; н — воронкообразная

По способу геометрического формообразования



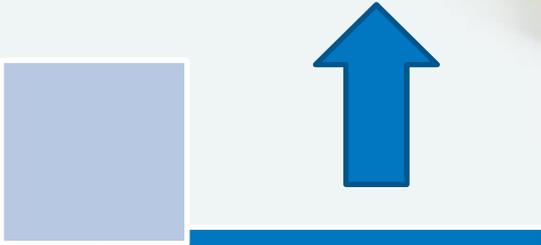
Способ
переноса



Способ
вращения



- 
- Способ переноса заключается в переносе образующей линии, прямолинейной или криволинейной, вдоль направляющей линии, лежащей в плоскости, перпендикулярной плоскости образующей.

- 
- состоит из вращения образующей вокруг некоторой оси, лежащей в ее плоскости.

- 
- При этом некоторые поверхности, как, например, цилиндрическая круговая поверхность и поверхность гиперболического параболоида (гипара), могут формироваться как по способу переноса, так и по способу вращения

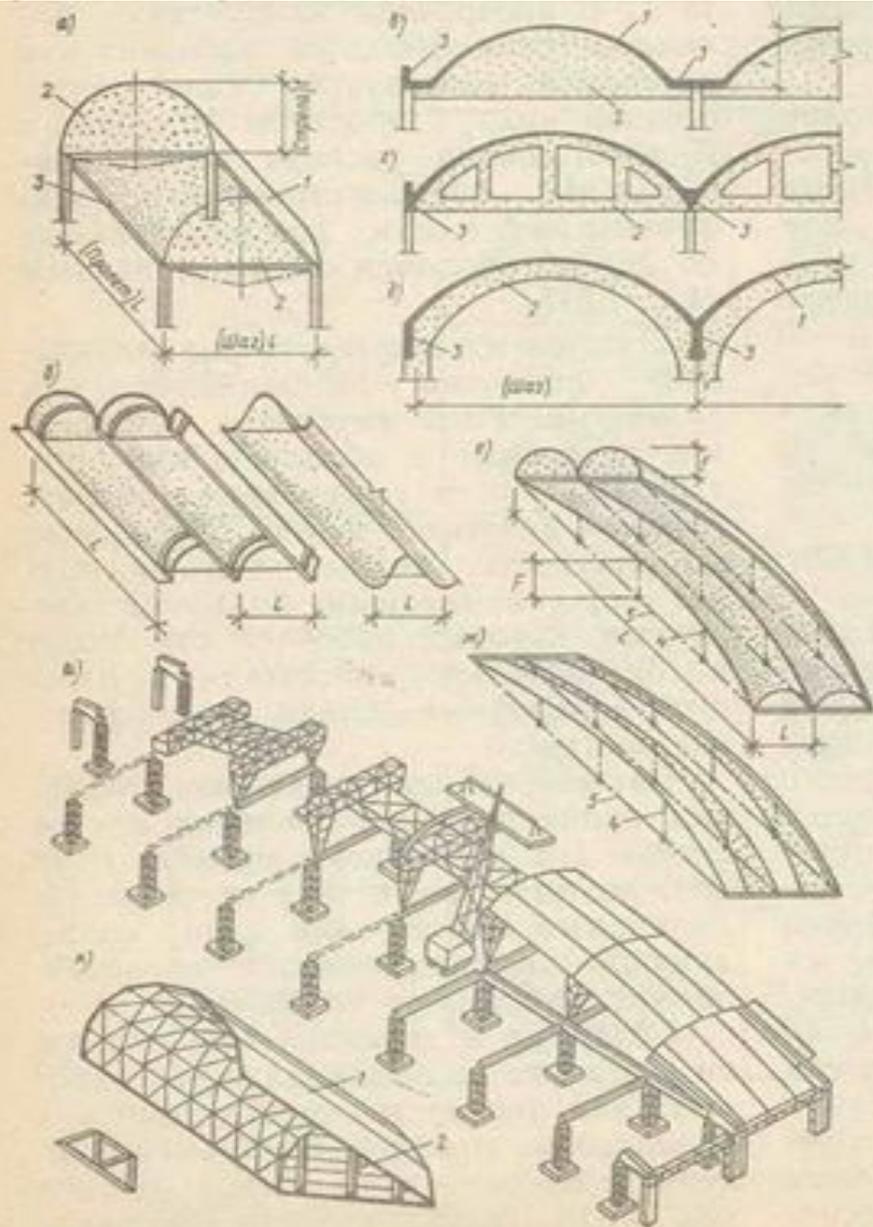
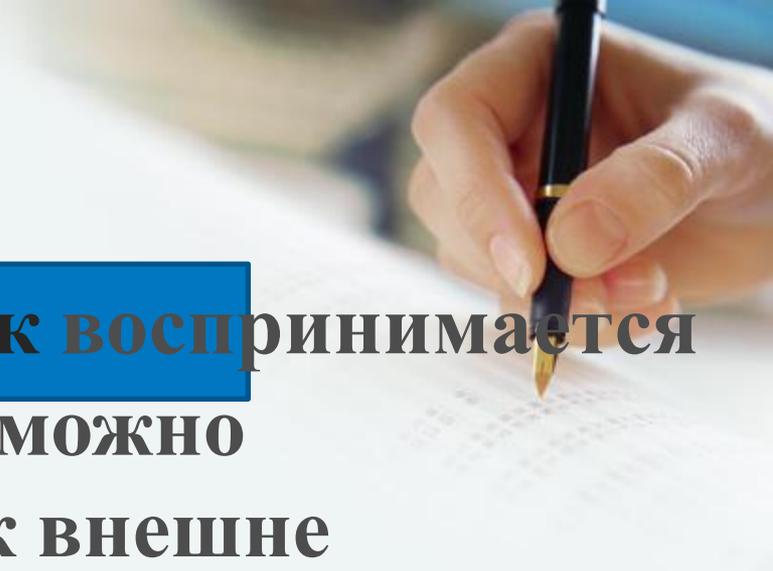


Рис. XII.20. Пространственные своды-оболочки:

а — длинная цилиндрическая; б — многоводночная цилиндрическая и синусоидальная оболочки; в — сплошная диафрагма жесткости; г — арочная диафрагма; д — рамная диафрагма; е — бочарный свод-оболочка; ж — то же, с коническим опиранием; и — схема монтажа бочарного свода; к — сборный сетчато-ребристый свод-оболочка; л — оболочка монолитная или сборная; 2 — диафрагма жесткости; 3 — бортовой элемент; 4 — подвеска; 5 — затяжка

A close-up photograph of a person's hand holding a black pen with a gold nib, writing on a white document. The document has some faint, illegible text on it. The background is blurred, showing what appears to be a desk or table.

Распор купольных оболочек воспринимается опорным кольцом которое можно установить на колонны как внешне безраспорую конструкцию. Распор купола может быть воспринят также наклонными стойками и перенесен ими на замкнутый кольцевой фундамент.

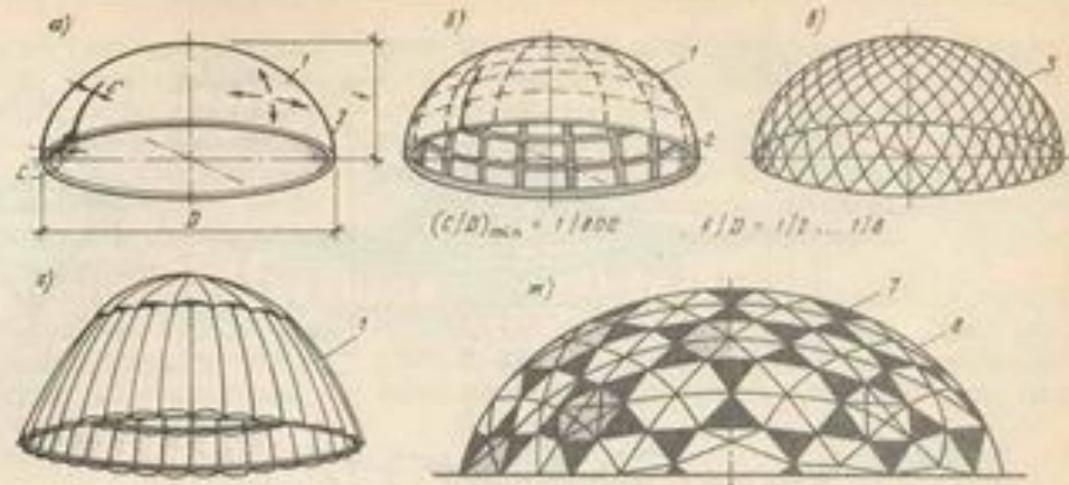
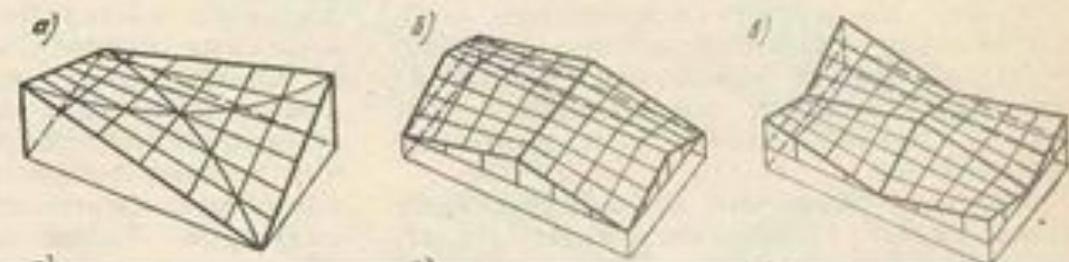
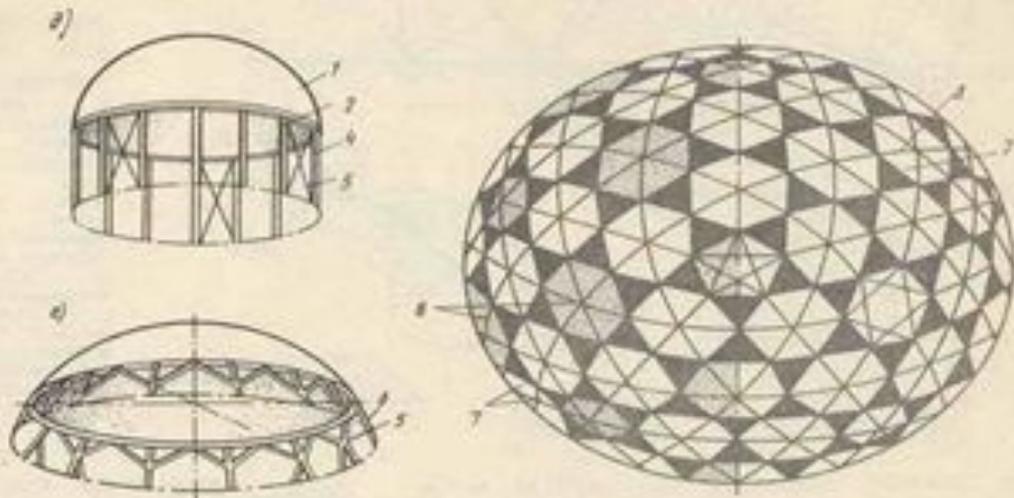
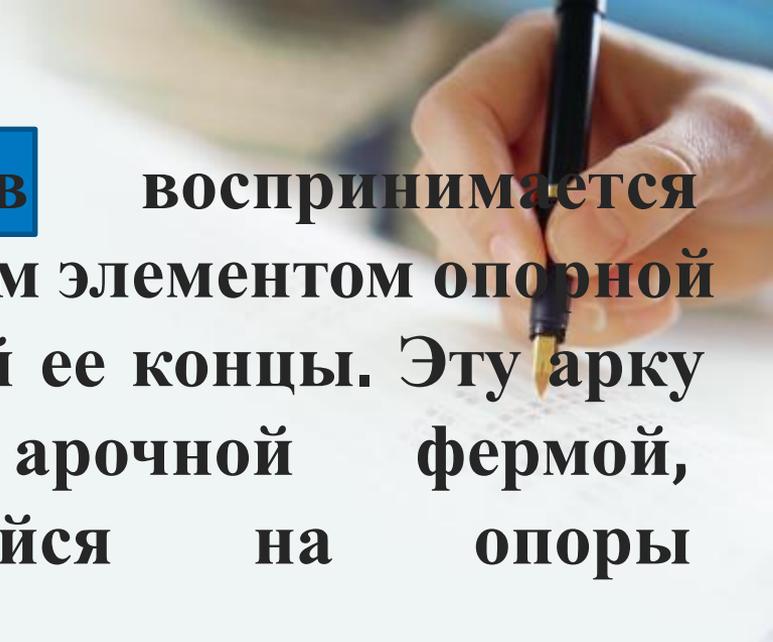


Рис. XII.21. Купола — оболочки:

а — гладкий; б — ребристый; в — сетчатый; г — многоволновой; д — купол на вертикальных стойках; е — купол на наклонных стойках; ж — звездный купол из треугольных плит и стержней по системе М. С. Туполева (фасад и план): 1 — оболочка; 2 — опорное кольцо; 3 — стержни сетчатого купола; 4 — стойки; 5 — связи жесткости; 6 — опоры; 7 — типовые треугольные плиты; 8 — стержни или затяжки в проемах звездного купола





Распор парусных сводов воспринимается арматурой в парусах и бортовым элементом опорной арки с затяжкой, связывающей ее концы. Эту арку часто заменяют сегментной арочной фермой, непосредственно опирающейся на опоры сооружения.

Распор оболочки, имеющей форму гипара на квадратном плане, передается от покрытия на бортовые элементы, которые работают как балка или опираются непосредственно на несущие стены

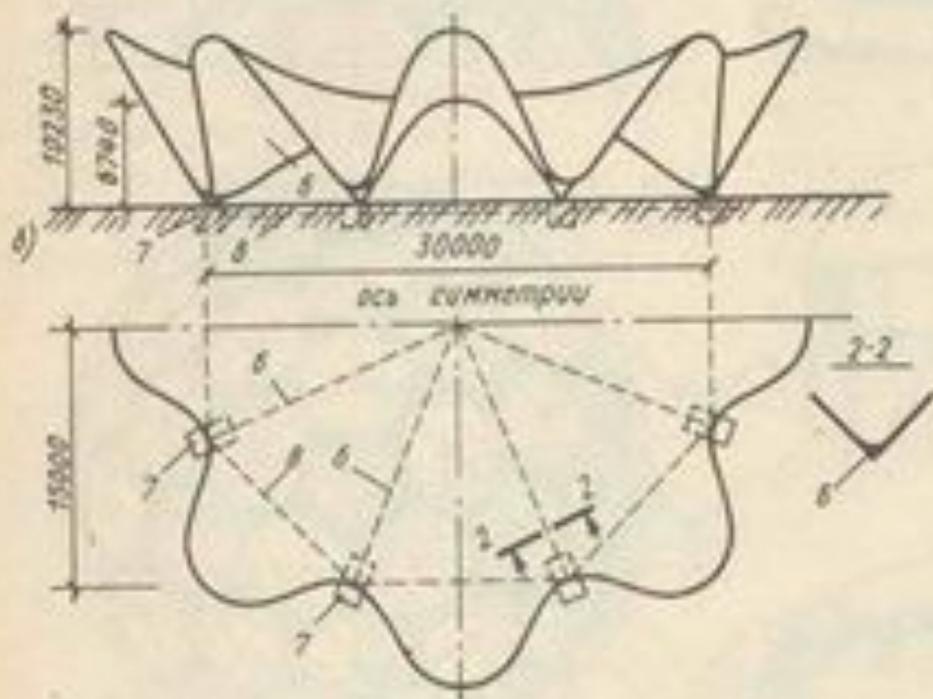
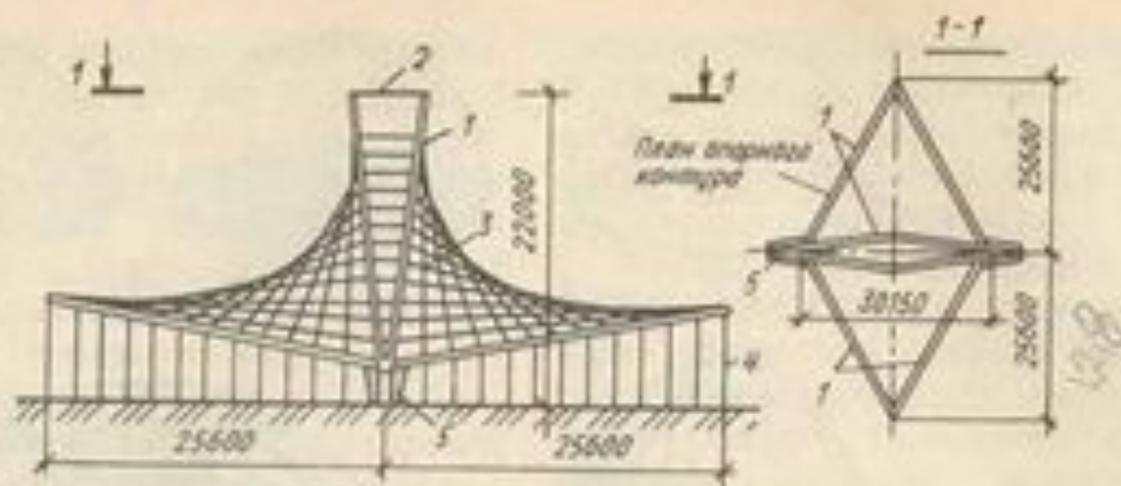


Рис. XII.23. Комбинированные оболочки из гипаров значительной кривизны:
 а — покрытие из двух гипар (Мексика); б — покрытие из восьми пересекающихся гипар (Мексика); 1 — опорный контур; 2 — стяжки-распорки между двумя опорными контурами; 3 — железобетонная монолитная оболочка; 4 — оттяжки, заанкеренные в грунте; 5 — две боковые опоры, поддерживающие все покрытие; 6 — линии пересечения поверхностей гипар; 7 — столбчатые фундаменты; 8 — затяжки, воспринимающие распор от оболочки

По форме сечения

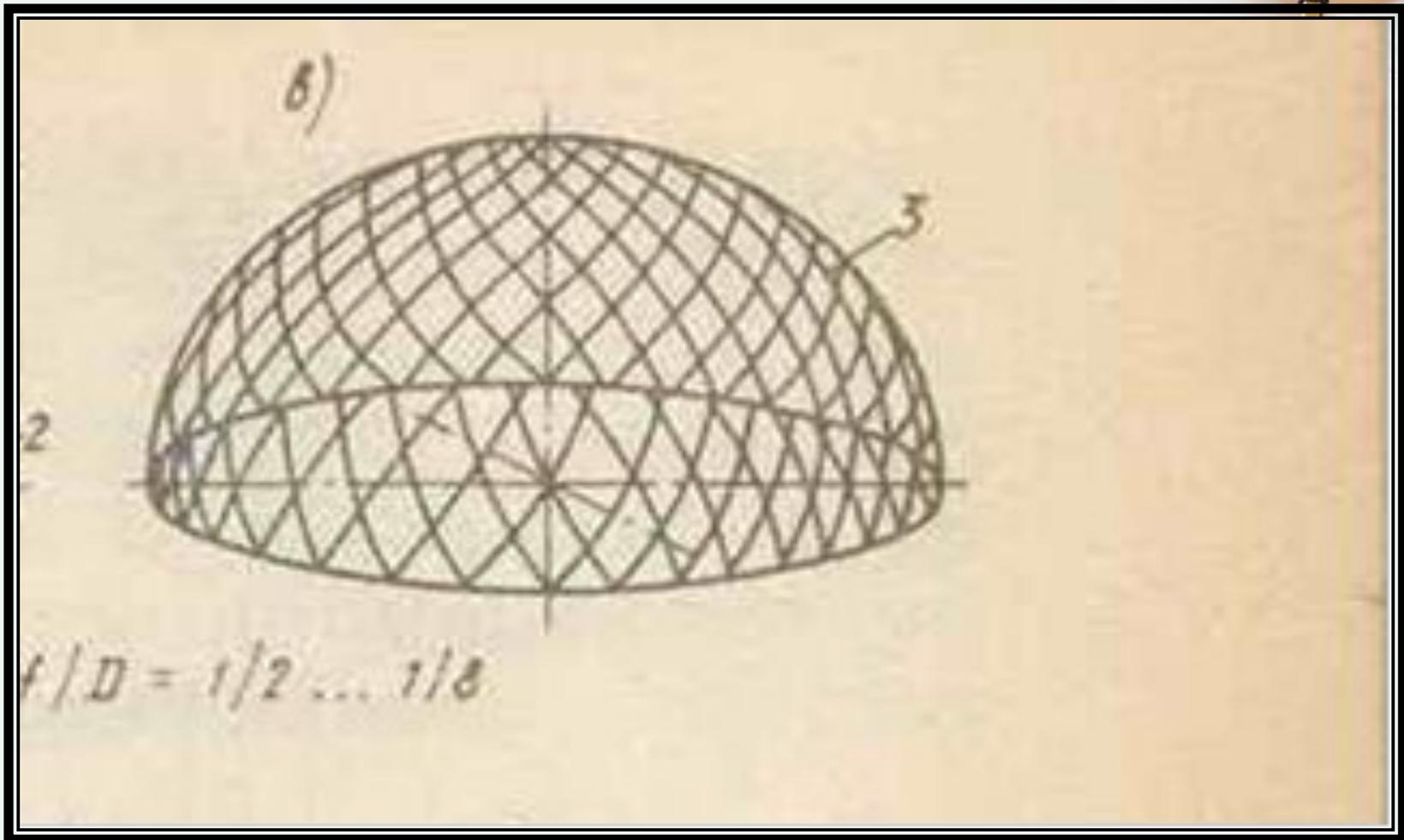
Гладкие

Рёбристые

Сетчатые



Пример сетчатой оболочки



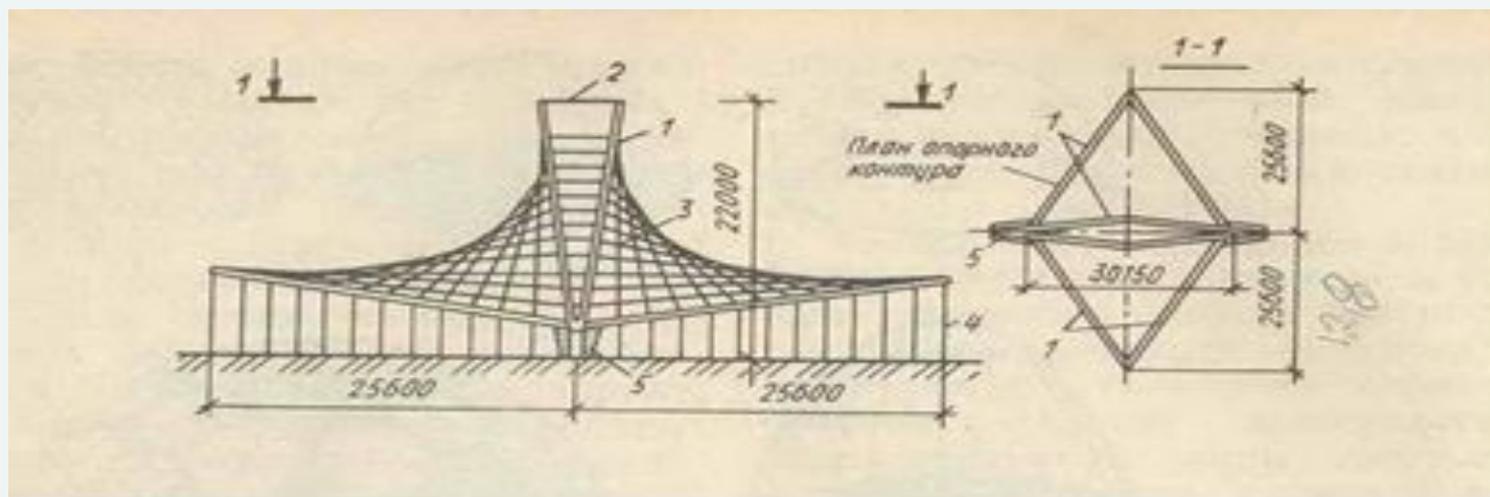
По методу возведения

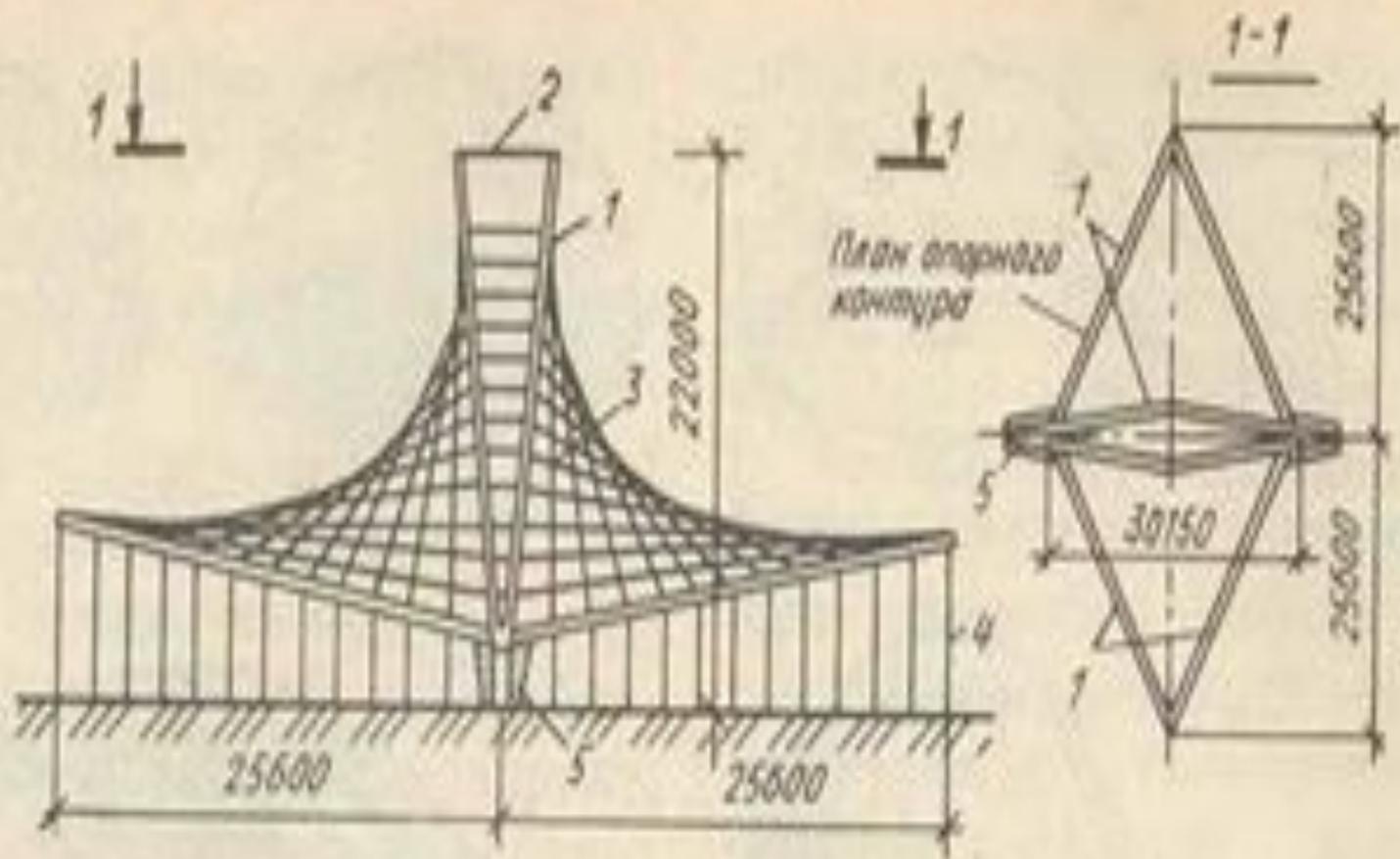
- На монолитные
- Сборные
- Сборно-монолитные



Особое место среди купольных оболочек занимают так называемые кристаллические, собираемые из стержней или из треугольных панелей, имеющие минимальное количество типоразмеров.

В покрытиях, составленных из нескольких оболочек, последние не обязательно должны сопрягаться друг с другом. Они могут быть соединены и жесткими линейными элементами – стержневыми, металлическими фермами, которые могут быть использованы для организации верхнего света





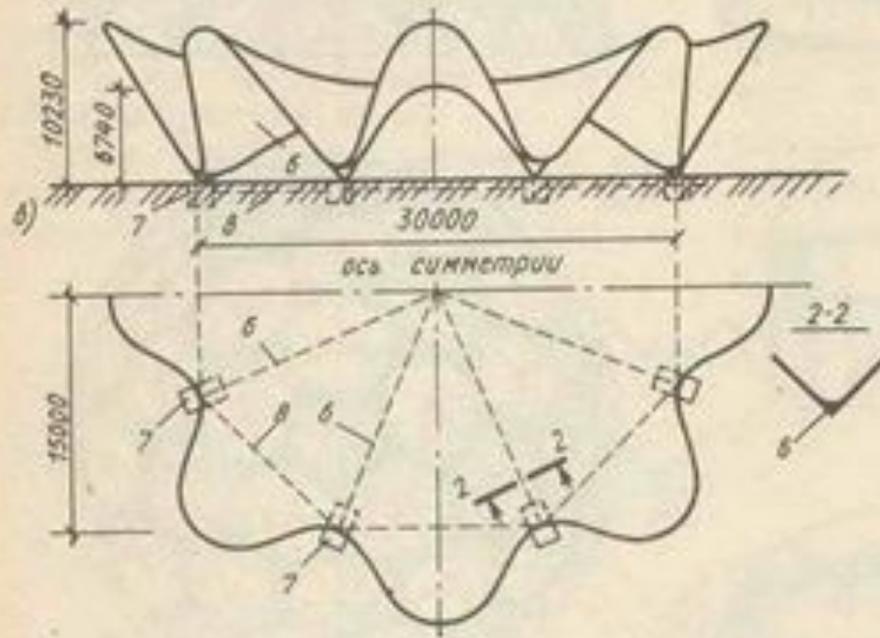


Рис. XII.23. Комбинированные оболочки из гипаров значительной кривизны:
 а — покрытие из двух гипар (Мексика); б — покрытие из восьми пересекающихся гипар (Мексика); 1 — опорный контур; 2 — стяжки-распорки между двумя опорными контурами; 3 — железобетонная монолитная оболочка; 4 — оттяжки, заанкеренные в грунте; 5 — две боковые опоры, поддерживающие все покрытие; 6 — линии пересечения поверхностей гипар; 7 — столбчатые фундаменты; 8 — затяжки, воспринимающие распор от оболочки

В тех случаях, когда оболочка опирается на отдельные фундаменты, распор может быть воспринят затяжками, соединяющими попарно фундаменты. В этих случаях фундаменты работают как безраспорная конструкция

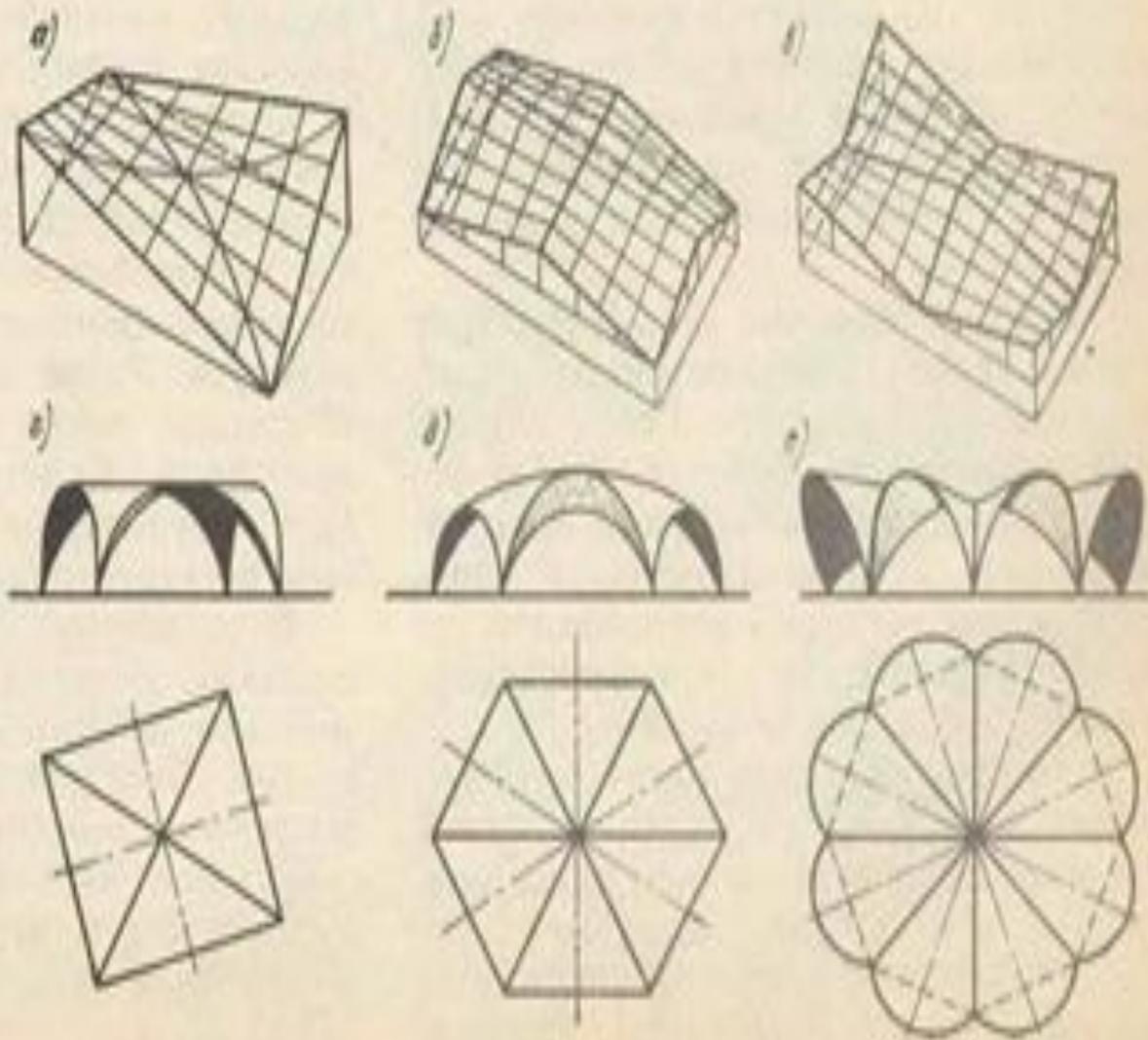


Рис. XII.22. Оболочки типа гипар и примеры комбинированных оболочек:

а — построение оболочки с поверхностью гиперболического параболоида — гипара; б, в — покрытие здания оболочками из четырех гипаров; г — комбинированная оболочка из двух пересекающихся цилиндров; д — из трех бочарных оболочек; е — из четырех цилиндрических оболочек с наклонными осями

Многоволновые оболочки двойкой положительной кривизны из плит размером 3*6 м.

Многоволновые оболочки могут применяться для зданий: с сеткой колонн 12*144 до 18*36 м ; бескрановых, с подвесными кранами грузоподъемностью до 5 т; с техническим этажом, расположенным над подвесным потолком; с пропуском крупногабаритных коммуникаций в уровне перекрытия в любом направлении; бесфонарных, с продольными светоаэрационными и зенитными световыми фонарями.

Оболочки рассчитаны на нагрузку 450; 650 и 850 кгс/м² проекции крыши, включая собственную массу конструкций.

При увеличении расчетной нагрузки опалубные размеры элементов сохраняются, а армирование усиливается.

**Волны оболочек
подразделяются**

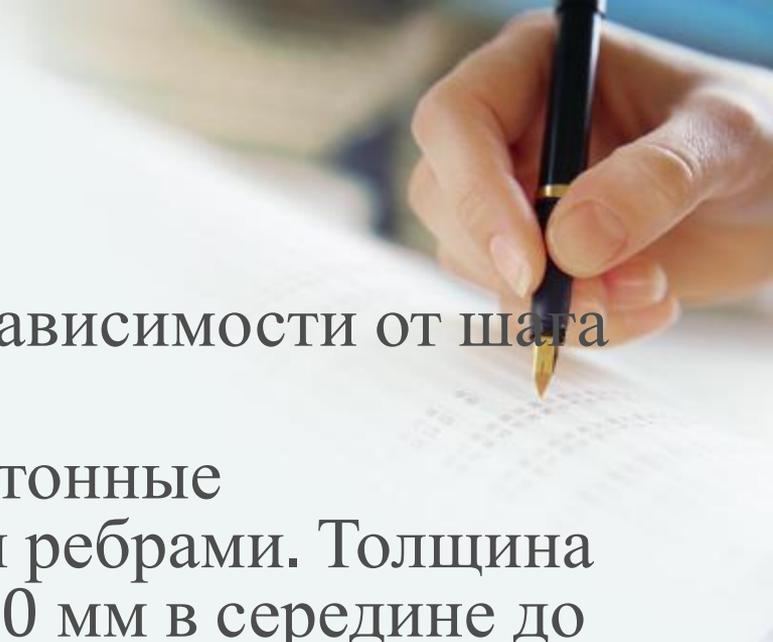
на рядовые

торцовые.



Рядовые

- ◎ Рядовые волны собираются в зависимости от шага колонн из двух или трех плит.
- ◎ Плиты рядовых волн железобетонные цилиндрические с контурными ребрами. Толщина полки плит увеличивается от 30 мм в середине до 40 мм по контуру. Высота контурных ребер 250 мм. Плиты формируются из ненапряженного бетона марки 400. Подфонарные плиты выполняются с отверстиями в полке и для шага 12 м с дополнительными, окаймляющими отверстиями ребрами.
- ◎ Рядовые волны стягиваются монтажной затяжкой.



Торцовые

- Торцовые волны оболочек собираются из плит толщиной полки от 40 до 55 мм, имеющих усиленное торцовое ребро, образующее в сборе с железобетонной затяжкой торцовую арочную диафрагму.
- Опалубочные размеры торцовых плит различны для балочных и арочных диафрагм и для шага 12 и 18 м.



- ◎ Ширина швов между волнами изменяется в зависимости от геометрии оболочки от 40 до 195 мм.
- ◎ Глубина швов 120 мм при отсутствии и 250 мм при наличии подвешенного кранового оборудования. Швы заполняются бетоном марки 400. Передача сдвигающих усилий в швах между волнами через бетонные шпонки, в сопряжениях оболочки с диафрагмой - через упоры, размещенные по верхнему поясу диафрагм и входящие в пазы в контурных ребрах плит.
- ◎ Продольные диафрагмы, балочные для цилиндрических оболочек и арочные для оболочек двойной кривизны, для пролета 24 м железобетонные или стальные, собираемые при необходимости транспортировки из двух половин.

- ◎ Светоаэрационные фонари трапецеидального сечения на цилиндрических оболочках прямоугольного очертания с открыванием по всей длине, на оболочках двойкой кривизны – ломанного очертания с открыванием только в средней секции. Расположение фонарей поперечное по отношению к пролету. Высота фонарей обеспечивает их незадуваемость. Длина фонарей на 6; 12 м менее пролета оболочек. Стальные конструкции фонарей выполнены в виде жестких рам, расположенных с шагом 3 м в плоскости швов между волнами. Рамы связаны между собой прогонами для подвески переплетов и связями.

- **Сборка оболочек начинается с укрупнительной сборки в зоне монтажного крана плит в торцовые и рядовые волны. Установка волн ведется самоходным краном грузоподъемностью 10 т «на себя» между предварительно установленными диафрагмами.**
- **Конструкция многоволновых оболочек разработана и внедрена в строительство ленинградским институтом «Промстройпроект».**

На русском/казахском/ английском	Пояснение
Оболочка Қабықша Shell	называются геометрические тела, ограниченные криволинейными поверхностями, расстояния между которыми малы по сравнению с другими их размерами.
Парабола Парабола Parabole	<u>геометрическое место точек</u> , равноудалённых от данной <u>прямой</u> (называемой <u>директрисой</u> параболы) и данной <u>точки</u> (называемой <u>фокусом</u> параболы).
Кривизна Қисықтық Curvature	собираетельное название ряда <u>количественных характеристик</u> (<u>скалярных</u> , <u>векторных</u> , <u>тензорных</u>), описывающих отклонение того или иного геометрического «объекта» .
Гипербола Гипербола Hyperbole	плоская кривая второго порядка.
Покрытия Жабу Cover	верхняя конструкция здания

Литература.

- **Л.Ф Шубин Промышленные здания. Москва Стройиздат 1986г.**
- **И.А. Шерешевский Конструирование промышленных зданий и сооружений. Москва «Архитектура-С» 2005г.**
- **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. Исследование модели клеефанерной оболочки типа гиперболического параболоида. М.: Изв.высш.уч. зав., 1975, № 10, с. 21-23, илл.**