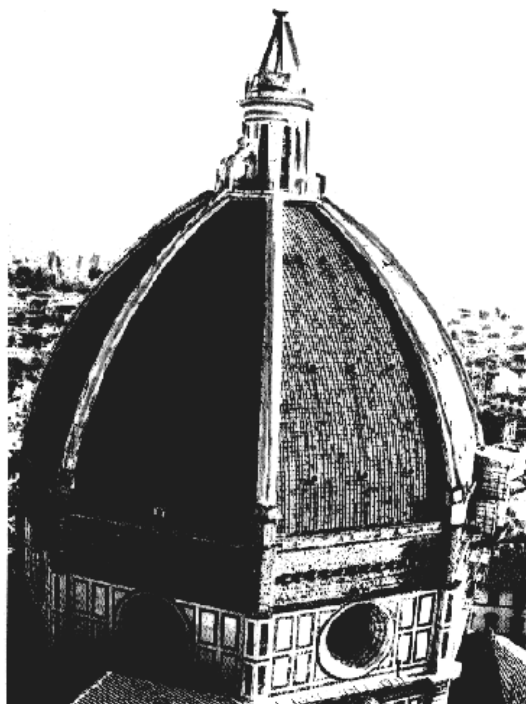


А. В. ДЕМИНА

# ЗДАНИЯ С БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫМИ

# ПОКРЫТИЯМИ



**ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ**  
Министерство образования Российской Федерации  
**Тамбовский государственный технический университет**

**А.В. ДЕМИНА**

**ЗДАНИЯ  
С БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫМИ  
ПОКРЫТИЯМИ**

Учебное пособие

Тамбов  
Издательство ТГТУ  
2003

УДК 624.914(075)  
ББК Н706.13я73  
Д306

Рецензент  
Доктор технических наук, профессор ТГТУ  
*В.И. Леденев*

**А.В. Демина**  
Д306 Здания с большепролетными покрытиями: Учеб пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. 88 с.  
ISBN 5-8265-0223-1

Учебное пособие содержит систематизированные сведения о мировом опыте проектирования большепролетных конструкций покрытий гражданских и промышленных зданий.

Пособие состоит из теоретического раздела и приложений с большим графическим материалом, иллюстрирующим различные виды конструктивных решений большепролетных покрытий. В конце пособия приведен обширный список литературы.

Учебное пособие предназначено для использования при изучении дисциплин "Архитектурное проектирование" и "Архитектура гражданских и промышленных зданий", а также в рамках дипломного проектирования для студентов, обучающихся по специальностям 290100 "Архитектура" и 290300 "Промышленное и гражданское строительство".

УДК 624.914(075)

ББК Н706.13я73

ISBN 5-8265-0223-1

© А.В. Демина, 2003

© Тамбовский государственный  
технический университет  
(ТГТУ), 2003

Учебное издание

ДЕМИНА Алевтина Валентиновна

## **ЗДАНИЯ С БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ**

Учебное пособие

Редактор Т. М. Федченко

Компьютерное макетирование М. А. Филатовой

Подписано в печать 4.12.03

Формат 60 × 84 / 16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура Times New Roman. Объем: 5,11 усл. печ. л.; 4,95 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз. С. 900

Издательско-полиграфический центр  
Тамбовского государственного технического университета,  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## ПРЕДИСЛОВИЕ

При проектировании и строительстве зданий с зальными помещениями возникает комплекс сложных архитектурных и инженерных задач. Для создания комфортных условий в зале, обеспечения требований технологии, акустики, изоляции его от других помещений и окружающей среды определяющее значение приобретает конструкция покрытия зала. Знание математических законов формообразования позволило делать сложные геометрические построения (парабол, гипербол, и т.д.), с использованием принципа произвольного плана.

В современной архитектуре формообразование плана является результатом развития двух тенденций: свободного плана, ведущего к конструктивной каркасной системе, и произвольного плана, требующего конструктивной системы, позволяющей организовать весь объем здания, а не только планировочную структуру.

Зал – основное композиционное ядро большинства общественных зданий. Наиболее часто встречающаяся конфигурация плана – прямоугольник, круг, квадрат, эллипсовидные и подковообразные планы, реже трапециевидные. При выборе конструкций покрытия зала решающее значение имеет необходимость связать зал с внешним миром посредством открытых остекленных поверхностей или наоборот полностью изолировать его.

Пространство, освобожденное от опор, перекрытое большепролетной конструкцией, придает зданию эмоциональную и пластическую выразительность.

Большепролетные конструкции покрытий появились в древние времена. Это были каменные купола и своды, деревянные стропила. Так, например, каменное купольное покрытие Пантеона в Риме (1125 г.) имело диаметр около 44 м, купол мечети Айя – София в Стамбуле (537 г.) – 32 м, купол Флорентийского собора (1436 г.) – 42 м, купол Верхнего Совета в Кремле (1787 г.) – 22,5 м.

Строительная техника того времени не позволяла строить в камне легкие сооружения. Поэтому большепролетные каменные сооружения отличались большой массивностью, а сами сооружения возводились в течение многих десятилетий.

Деревянные строительные конструкции были дешевле и проще в возведении, чем каменные, давали возможность перекрывать также большие пролеты. Примером могут служить деревянные конструкции покрытия здания бывшего Манежа в Москве (1812 г.), пролетом 30 м.

Развитие черной металлургии в XVIII – XIX вв. дало строителям материалы более прочные, чем камень, дерево – чугун и сталь.

Во второй половине XIX в. большепролетные металлические конструкции получают широкое применение.

В конце XVIII в. появился новый материал для большепролетных зданий – железобетон. Совершенствование железобетонных конструкций в XX в. привело к появлению тонкостенных пространственных конструкций: оболочек, складок, куполов. Появилась теория расчета и конструирования тонкостенных покрытий, в которой приняли участие и отечественные ученые.

Во второй половине XX в. широко применяются висячие покрытия, а также пневматические и стержневые системы.

Применение большепролетных конструкций дает возможность максимально использовать несущие качества материала и получить за счет этого легкие и экономичные покрытия.

Уменьшение массы конструкций и сооружений является одной из основных тенденций в строительстве. Уменьшение массы означает уменьшение объема материала, его добычи, переработки, транспортировки и монтажа. Поэтому вполне естественен интерес, который возникает у строителей и архитекторов к новым формам конструкций, что дает особенно большой эффект в покрытиях.

Так, масса железобетонного ребристого покрытия при сравнительно небольших пролетах составляет 400 – 500 кг/м<sup>2</sup> перекрываемой площади; масса железобетонных оболочек при пролетах 40 – 50 м составляет около 300 кг/м<sup>2</sup>; масса облегченных покрытий по металлическим конструкциям при тех же пролетах снижается до 50 – 100 кг/м<sup>2</sup>; масса пневматических конструкций всего лишь 2 – 5 кг/м<sup>2</sup>.

Большепролетные конструкции покрытий можно разделить по их статической работе на две основных группы систем большепролетных покрытий:

- плоскостные (балки, фермы, рамы, арки);
- пространственные (оболочки, складки, висячие системы, перекрестно-стержневые системы и др.).

Балочные, рамные и арочные, плоскостные системы большепролетных покрытий проектируются обычно без учета совместной работы всех несущих элементов, так как отдельные плоские диски соединяются друг с другом сравнительно слабыми связями, не способными существенно распределить нагрузки. Это обстоятельство, естественно приводит к увеличению массы конструкций [25].

Для перераспределения нагрузок и снижения массы пространственных конструкций необходимы связи.

По материалу, применяемому для изготовления большепролетных конструкций, их разделяют на деревянные, металлические и железобетонные.

Древесина имеет хорошие несущие свойства (расчетное сопротивление сосны на сжатие и изгиб 130 – 150 кг/м<sup>2</sup>) и малую объемную массу (для воздушно-сухой сосны 500 кг/м<sup>3</sup>).

Существует мнение, что деревянные конструкции недолговечны. Действительно при плохом уходе деревянные конструкции могут очень быстро выйти из строя из-за поражения древесины различными грибами и насекомыми. Основным правилом для сохранения деревянных конструкций является создание условий для их вентиляции или проветривания. Важно также обеспечить, сушку древесины перед ее применением в строительстве. В настоящее время деревообрабатывающая промышленность может обеспечить эффективную сушку современными методами, в том числе токами высокой частоты и т.д. [10].

Улучшение биологической стойкости древесины легко достигается с помощью давно разработанных и освоенных методов пропитки ее различными эффективно действующими антисептиками.

Еще чаще возникают возражения против использования древесины по соображениям пожарной безопасности. Однако соблюдение элементарных правил противопожарной безопасности и надзора за сооружениями, а также использование антипиренов, повышающих огнестойкость древесины, позволяет значительно повысить противопожарные свойства древесины.

В качестве примера долговечности деревянных конструкций можно привести упоминавшийся уже Манеж в Москве, которому более 180 лет, шпиль в Адмиралтействе в Ленинграде высотой около 72 м, построенный в 1738 г., сторожевую башню в Якутске, возведенную около 300 лет тому назад, многие деревянные церкви во Владимире, Суздале, Кижях и других городах и селах Северной России, насчитывающие несколько столетий.

Металлические конструкции, главным образом стальные, применяются широко. Их достоинства: высокая прочность, относительно небольшая масса. Недостатком стальных конструкций является подверженность коррозии и низкая пожарная стойкость (потеря несущей способности при высоких температурах). Для борьбы с коррозией стальных конструкций существует много средств: окраска, покрытие полимерными пленками и т.д. В целях пожарной безопасности ответственные стальные конструкции можно обетонировать или осуществить набрызг на поверхность стальных конструкций теплоустойчивых бетонных смесей (вермикулит и т.д.).

Железобетонные конструкции не подвержены гниению, ржавлению, обладают высокой пожарной стойкостью, но они тяжелы.

Поэтому при выборе материала для большепролетных конструкций необходимо отдавать предпочтение тому материалу, который в конкретных условиях строительства наилучшим образом отвечает поставленной задаче.

## **1 ПЛОСКОСТНЫЕ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ**

В общественных зданиях массового строительства для покрытия зальных помещений применяются преимущественно традиционные плоскостные конструкции: настилы, балки, фермы, рамы, арки. Работа этих конструкций основана на использовании внутренних физико-механических свойств материала и передаче усилий в теле конструкции непосредственно на опоры. В строительстве плоскостной тип покрытий хорошо изучен и освоен в производстве. Многие из них пролетом до 36 м разработаны как сборные типовые конструкции. Идет постоянная работа по их усовершенствованию, снижению массы и материалоемкости.

Плоскостная конструкция покрытия зала в интерьерах общественных зданий почти всегда, ввиду ее низких эстетических качеств, закрывается дорогостоящим подвесным потолком. Этим в здании созда-

ются излишние пространства и объемы в зоне конструкции покрытия, в редких случаях используемые под технологическое оборудование. В экстерьере сооружения такие конструкции из-за их невыразительности обычно спрятаны за высокими парапетами стен.

## 1.1 Балки

Балки изготавливаются из стальных профилей, железобетонными (сборными и монолитными), деревянными (на клею или на гвоздях).

Стальные балки таврового или коробчатого сечения (лист 1, *а, б*) требуют большого расхода металла, имеют большой прогиб, который обычно компенсируется строительным подъемом ( $1/40 - 1/50$  от пролета).

Примером может служить закрытый искусственный каток в Женеве, выстроенный в 1958 г. (лист 1, *в*). Покрытие зала размерами  $80,4 \times 93,6$  м выполнено из десяти цельно сваренных сплошных стальных балок переменного сечения, установленных через 10,4 м. За счет устройства консоли с оттяжкой на одном конце балки создается предварительное натяжение, способствующее уменьшению сечения балки.

Железобетонные балки имеют большой изгибающий момент и большую собственную массу, но просты в изготовлении. Они могут выполняться монолитными, сборно-монолитными и сборными (из отдельных блоков и цельные). Выполняются из железобетона с предварительным напряжением арматуры. Отношение высоты балки к пролету колеблется в пределах от  $1/8$  до  $1/20$ . В практике строительства встречаются балки пролетом до 60 м, а с консолями – до 100 м. Сечение балок – в виде тавра, двутавра или коробчатое (лист 2, *а, б, в, г, д, ж*).

В качестве примера можно привести балку надворотного проема ангара Британской заморской авиационной компании в Лондоне, построенного в 1955 г. (лист 2, *и*). Пролет балки – 91 м с подкосами. Высота балки – 5,5 м.

Интересный пример применения железобетонных балок пролетом 42 м показан на листе 2, *к*.

В практике массового строительства в нашей стране широкое применение находят балки, приведенные на листе 2, *а, б, в*.

Деревянные балки применяются в местностях, богатых лесом. Обычно они используются в зданиях III класса из-за их малой огнестойкости и долговечности.

Деревянные балки подразделяются на гвоздевые и клееные длиной до 30 – 20 м. Гвоздевые балки (лист 3, *а*) имеют сшитую на гвоздях стену из двух слоев досок, наклоненных в разные стороны под углом  $45^\circ$ . Верхний и нижний пояса образуют за счет нашитых с обеих сторон вертикальных стенок балки продольных и поперечных брусев. Высота гвоздевых балок  $1/6 \dots 1/8$  от пролета балки. Вместо дощатой стенки можно применять стенку из многослойной фанеры.

Клееные балки в отличие от гвоздевых обладают высокой прочностью и повышенной огнестойкостью даже без специальной пропитки. Сечение клееных деревянных балок может быть прямоугольным, двутавровым, коробчатым. Они изготавливаются из реек или досок на клею, уложенных плашмя или на ребро. Высота таких балок  $1/10 \dots 1/12$  от пролета. По очертанию верхнего и нижнего поясов клееные балки могут быть с горизонтальными поясами, одно- или двухскатные, криволинейные (лист 3, *б*).

Примером применения деревянных клееных балок может являться построенный в 1957 г. колледж в Ашленде (штат Орегон, США), где в конструкции покрытия были использованы балки пролетом 40 м, шириной 0,23 м и переменной высотой  $1,22 \dots 2,03$  м, изготовленных из брусков сечением  $41 \times 23$  мм.

В 1972 г. ЦНИИЭП учебных зданий, ЦНИИЭП зрелищных зданий и спортивных сооружений и ЦНИИСК Госстроя СССР разработали номенклатуру типовых деревянных клееных двускатных балок длиной от 9,0 до 18,0 м сечением  $0,14 \dots 0,21 \times 0,63 \dots 1,305$  м для использования их при строительстве общественных зданий.

## 1.2 Фермы

Фермы, как и балки, могут изготавливаться из металла, железобетона и дерева.

Стальные фермы в отличие от металлических балок за счет решетчатой конструкции требуют меньше металла. При подвесном потолке создается проходной чердак, обеспечивающий пропуск инженерных коммуникаций или свободный проход по чердаку. Фермы выполняют, как правило, из стальных профилей, а пространственные трехгранные фермы – из стальных труб.

Зал Конгрессов и спорта в Эссене имеет покрытие размером  $80,4 \times 72$  м (лист 1, *ж*). Покрытие опирается на четыре решетчатых стойки, состоящие из четырех ветвей. Одна из стоек жестко закреплена в

фундамент, две стойки имеют катковые опоры, четвертая стойка выполнена качающейся и может перемещаться в двух направлениях. Две главные полигональные клепаные фермы опираются на опорные стойки и имеют пролет 72 м и высоту 5,94 и 6,63 м в середине пролета и соответственно 2,40 и 2,54 м – на опорах. Пояса главных ферм имеют коробчатое сечение шириной более 600 мм, раскосы – составные, двутаврового сечения. Двухконсольные, сварные второстепенные фермы пролетом 80,4 м опираются на главные фермы с шагом 12 м. Верхний пояс этих ферм имеет сечение в виде тавра, нижний – в виде двутавра с широкими полками. Для обеспечения свободных вертикальных деформаций на расстоянии 11 м от краев крыши устроены сквозные шарниры как в ограждающей конструкции покрытия, так и в фермах и в подвесном потолке. Концы ферм длиной 11 м опираются на легкие качающиеся стойки, расположенные на трибунах. Крестовые ветровые горизонтальные связи расположены между главными и между крайними второстепенными фермами, а также вдоль продольных стен на расстоянии 3,5 м от края покрытия. Прогоны и обрешетка изготовлены из двутавров. Здание покрыто плитами из прессованной соломы толщиной 48 мм, по которым уложен гидроизоляционный ковер из четырех слоев горячего битума на стекловолокне.

Фермы могут иметь различное очертание как верхнего, так и нижнего пояса. Наиболее распространены фермы треугольные и полигональные, а также горизонтальные с параллельными поясами (лист 1, з, д, ж).

Железобетонные фермы изготавливаются: цельными – длиной до 30 м; составными – с предварительным напряжением арматуры, при длине более 30 м. Отношение высоты фермы к пролету  $1/6 \dots 1/9$ . Нижний пояс выполняется обычно горизонтальным, верхний пояс может иметь горизонтальное, треугольное, сегментное или полигональное очертания. Наибольшее распространение получили железобетонные полигональные (двухскатные) фермы, изображенные на листе 2, ж. Максимальная длина запроектированных железобетонных ферм составляет около 100 м при шаге 12 м.

Недостатком железобетонных ферм является большая конструктивная высота. Для уменьшения собственной массы ферм необходимо применять высокопрочные бетоны и внедрять легкие плиты покрытия из эффективных материалов.

Деревянные фермы – могут быть представлены в виде бревенчатых или брусчатых висячих стропил. Деревянные фермы применяют для пролетов более 18 м и при условии выполнения профилактических мероприятий по пожарной безопасности. Верхний (сжатый) пояс и раскосы деревянных ферм изготавливают из брусьев квадратного или прямоугольного сечения со стороной, равной  $1/50 \dots 1/80$  от пролета, нижний (растянутый) пояс и подвески выполняют как из брусьев, так и из стальных тяжей с винтовыми нарезками на концах для натяжения их с помощью гаек с подкладными шайбами.

Устойчивость деревянных ферм обеспечивают деревянные раскосы и связи, установленные по краям и в середине фермы перпендикулярно их плоскости, а также кровельные настилы, образующие жесткий диск покрытия. В практике отечественного строительства применяют фермы пролетом 15, 18, 21 и 24 м, верхний пояс которых выполняется из неразрезного пакета досок шириной 170 мм на клею ФР-12. Раскосы выполняются из брусков такой же ширины, нижний пояс из прокатных уголков, а подвески – из круглой стали (лист 3, в).

Металлодеревянные фермы – были разработаны ЦНИИЭП учебных зданий, ЦНИИЭП зрелищных зданий и спортивных сооружений и ЦНИИСК Госстроя СССР в 1973 г. Эти фермы устанавливаются через 3 и 6 м и могут быть использованы для кровельных покрытий в двух вариантах:

- а) с теплым эксплуатируемым подвесным потолком и холодными кровельными панелями;
- б) без подвесного потолка и теплыми кровельными панелями.

### 1.3 Рамы

Рамы являются плоскостными распорными конструкциями. В отличие от безраспорной балочно-стоечной конструкции, ригель и стойка в рамной конструкции имеют жесткое соединение, которое является причиной появления в стойке изгибающих моментов от воздействия нагрузок на ригель рамы.

Рамные конструкции выполняют с жесткой заделкой опор в фундамент, если отсутствует опасность появления неравномерных осадок основания. Особая чувствительность рамных и арочных конструкций к неравномерным осадкам приводит к необходимости устройства шарнирных рам (двухшарнирных и трехшарнирных).

Схемы арок на листе 4, а, б, в, г.

Учитывая то, что рамы не имеют достаточной жесткости в своей плоскости, при устройстве покрытия необходимо обеспечить продольную жесткость всего покрытия путем замоноличивания элементов покрытия или установки рам диафрагм нормально к плоскости, или связей жесткости.

Рамы могут изготавливаться из металла, железобетона или дерева.

Металлические рамы могут выполняться как сплошного, так и решетчатого сечения. Решетчатое сечение характерно для рам с большими пролетами, так как оно более экономично благодаря небольшой собственной массе и способности одинаково хорошо воспринимать как сжимающие, так и растягивающие усилия. Высота сечения ригелей решетчатых рам принимается в пределах  $1/20 \dots 1/25$  пролета, а рам сплошного сечения  $1/25 \dots 1/30$  пролета. Для уменьшения высоты сечения ригеля как сплошного, так и решетчатого металлических рам применяются разгружающие консоли, иногда снабженные специальными оттяжками (лист 4, *з*). Металлические рамы активно применяются в строительстве (Лист 5, 1, *а, б, в, г, д*; лист 6, *а, в*).

Железобетонные рамы – могут быть бесшарнирными, двухшарнирными, реже трехшарнирными. При пролетах рам до 30 ... 40 м их выполняют сплошными, двутаврового сечения с ребрами жесткости, при больших пролетах – решетчатыми. Высота ригеля сплошного сечения составляет около  $1/20 \dots 1/25$  пролета рамы, решетчатого сечения  $1/12 \dots 1/15$  пролета. Рамы могут быть однопролетными и многопролетными, монолитными и сборными. При сборном решении соединение отдельных элементов рамы целесообразно выполнить в местах минимальных изгибающих моментов. На листе 5, 2, *и, к*, и листе 6, *в* приведены примеры из практики строительства зданий с использованием железобетонных рам.

Деревянные рамы подобно деревянным балкам выполняют из гвоздевых или клееных элементов для пролетов до 24 м. Их выгодно делать трехшарнирными для облегчения монтажа. Высота ригеля из гвоздевых рам принимается около  $1/12$  пролета рамы, у клееных рам –  $1/15$  пролета. Примеры строительства зданий с использованием деревянных рам приведены на листе 5, *л, м*, листе 7.

## 1.4 Арки

Арки, как и рамы, являются плоскостными распорными конструкциями. Они еще более чувствительны к неравномерным осадкам, чем рамы и выполняются как бесшарнирными, так и двухшарнирными и трехшарнирными (лист 4, *д, е, ж, и, к*). Устойчивость покрытия обеспечивается жесткими элементами ограждающей части покрытия. Для пролетов 24 ... 36 м возможно применение трехшарнирных арок из двух сегментных ферм (лист 8, *а*). Во избежание провисания затяжки устанавливают подвески.

Металлические арки выполняются сплошного и решетчатого сечения. Высота ригеля сплошного сечения арок применяется в пределах  $1/50 \dots 1/80$ , решетчатого  $1/30 \dots 1/60$  пролета. Отношение стрелы подъема к пролету у всех арок находится в пределах  $1/2 \dots 1/4$  при параболическом очертании кривой и  $1/4 \dots 1/8$  при круговой кривой. На листе 8, *а*, листе 9, рис. 1, листе 10, *а, б, в*, представлены примеры из практики строительства.

Железобетонные арки, как и металлические, могут иметь сплошное и решетчатое сечение ригеля. Конструктивная высота сечения ригеля сплошных арок составляет  $1/30 \dots 1/40$  пролета, решетчатых арок  $1/25 \dots 1/30$  пролета.

Сборные арки больших пролетов выполняются составными, из двух полуарок, бетонируемых на листе в горизонтальном положении, а затем поднимаемых в проектное положение (пример на листе 9, 2, *а, б, в*).

Деревянные арки выполняются из гвоздевых и клееных элементов. Отношение стрелы подъема к пролету у гвоздевых арок составляет  $1/15 \dots 1/20$ , у клееных –  $1/20 \dots 1/25$  (лист 8, *а, б*, лист 10, *в, г*).

## 2 ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ

Большепролетные конструктивные системы разных эпох объединяет ряд существенных признаков, что дает возможность рассматривать их как технический прогресс в строительстве. С ними связана мечта строителей и архитекторов, покорить пространство, перекрыть максимально большую площадь. Объединяющим исторически сложившихся и современных криволинейных конструкций является поиск целесообразной формы, стремление к максимальному снижению их веса, поиск оптимальных условий распределения нагрузок, что приводит к открытию новых материалов и потенциальных возможностей.

Пространственные большепролетные конструкции покрытия включают в себя плоские складчатые покрытия, своды, оболочки, купола, перекрестно-ребристые покрытия, стержневые конструкции, пневматические и тентовые конструкции.

Плоские складчатые покрытия, оболочки, перекрестно-ребристые покрытия и стержневые конструкции выполняются из жестких материалов (железобетон, металлические профили, дерево и др.) За счет совместной работы конструкций пространственные жесткие покрытия имеют небольшую массу, что снижает расходы как на устройство покрытия, так и на устройство опор и фундаментов.

Висячие (вантовые), пневматические и тентовые покрытия выполняются из нежестких материалов (металлические тросы, металлические листовые мембраны, мембраны из синтетических пленок и тканей). Они в значительно большей степени, чем пространственные жесткие конструкции, обеспечивают снижение объемной массы конструкций, позволяют быстро возводить сооружения.

Пространственные конструкции дают возможность создавать самые разнообразные формы зданий и сооружений. Однако возведение пространственных конструкций требует более сложной организации строительного производства и высокого качества всех строительных работ.

Конечно, рекомендации по применению тех или иных конструкций покрытия для каждого конкретного случая дать нельзя. Покрытие как сложное подсистемное образование, находится в структуре сооружения в тесной связи со всеми его другими элементами, с внешними и внутренними воздействиями среды, с экономическими, техническими, художественными и эстетически-стилевыми условиями его формирования. Но некоторый опыт применения пространственных конструкций и результаты, которые он дал, могут помочь в понимании места той или иной конструктивной и технологической организации общественных зданий. Уже известные в мировой строительной практике системы конструкций пространственного типа позволяют перекрывать здания и сооружения практически с любой конфигурацией плана.

## 2.1 Складки

Складкой называют пространственное покрытие, образованное плоскими взаимно пересекающимися элементами. Складки состоят из ряда повторяющихся в определенном порядке элементов, опирающихся по краям и в пролете на диафрагмы жесткости.

Складки бывают пилообразные, трапециевидные, из однотипных треугольных плоскостей, шатровые (четырёхугольные и многогранные) и другие (лист 11, а, б, в, г).

Складчатые конструкции, применяемые в цилиндрических оболочках и куполах, рассматриваются в соответствующих разделах.

Складки могут быть выпущены за пределы крайних опор, образуя консольные свесы. Толщину плоского элемента складки принимают около  $1/200$  пролета, высоту элемента не менее  $1/10$ , а ширину грани – не менее  $1/5$  пролета. Складками обычно покрывают пролеты до 50 – 60 м, а шатрами до 24 м.

Складчатые конструкции имеют целый ряд положительных качеств:

- простота формы и соответственно простота их изготовления;
- большие возможности заводского сборного изготовления;
- экономия высоты помещения и др.

Интересным примером применения плоской складчатой конструкции пилообразного профиля является покрытие лаборатории института бетона в Детройте (США) размером  $29,1 \times 11,4$  (лист 11, д) проект архитекторов Ямасаки и Лейнвебера, инженеров Аммана и Уитни. Покрытие опирается на два продольных ряда опор, образующих средний коридор и имеет консольные выносы в обе стороны от опор длиной 5,8 м. Покрытие представляет комбинацию складок, направленных в противоположные стороны. Толщина складок 9,5 см.

В 1972 г. в Москве при реконструкции Курского вокзала была применена трапециевидная складчатая конструкция, позволившая перекрыть зал ожидания размером  $33 \times 200$  м (лист 11, е).

## 2.2 Свод

Наиболее древняя и широко распространенная система криволинейного покрытия – сводчатое покрытие. Свод – конструктивная система, на основе которой был создан ряд архитектурных форм про-

шлого (вплоть до XX в.), позволивших решать проблему перекрытия разнообразных зальных помещений с различным функциональным назначением.

Цилиндрический и сомкнутый своды – простейшие формы свода, но пространство, образованное этими покрытиями, замкнуто, а форма лишена пластики.

Введением распалубок в конструкции ложков этих сводов достигается зрительное ощущение легкости. Внутренняя поверхность сводов, как правило, украшалась богатым декором или имитировалась ложной конструкцией деревянного подвесного потолка.

Крестовый свод образуется вырезкой из пересечения двух цилиндрических сводов. Им перекрывали огромные залы терм и базилик. Большое применение крестовый свод нашел в готической архитектуре.

Крестовый свод – одна из распространенных форм покрытия в русском каменном зодчестве.

Широко применялись такие разновидности сводов, как парусный, свод-купол, балдахин.

## 2.3 Оболочки

Тонкостенные оболочки являются одним из видов пространственных конструкций и используются в строительстве зданий и сооружений с помещениями больших площадей (ангаров, стадионов, рынков и т.п.). Тонкостенная оболочка представляет собой изогнутую поверхность, которая при минимальной толщине и соответственно минимальной массе и расходе материала обладает очень большой несущей способностью, потому что благодаря криволинейной форме действует как пространственная несущая конструкция.

Простой опыт с листом бумаги показывает, что очень тонкая изогнутая пластинка приобретает благодаря криволинейной форме большую сопротивляемость внешним силам, чем та же пластинка плоской формы.

Жесткие оболочки могут возводиться над зданиями любой конфигурации в плане: прямоугольной, квадратной, круглой, овальной и т.п.

Даже весьма сложные по конфигурации конструкции могут быть разделены на ряд однотипных элементов. На заводах строительных деталей создаются отдельные технологические линии для изготовления отдельных элементов конструкций. Разработанные методы монтажа позволяют возводить оболочки и купола с помощью инвентарных опорных башен или вообще без вспомогательных лесов, что существенно сокращает сроки возведения покрытий и удешевляет монтажные работы.

По конструктивным схемам жесткие оболочки делятся на оболочки положительной и отрицательной кривизны, зонтичные оболочки, своды и купола.

Оболочки выполняются из железобетона, армоцемента, металла, дерева, пластмасс и других материалов, хорошо воспринимающих сжимающие усилия.

В обычных несущих системах, рассмотренных нами ранее, сопротивление возникающим усилиям сосредотачивается непрерывно по всей их криволинейной поверхности, т.е. так как это свойственно пространственным несущим системам.

Первая железобетонная купол-оболочка была построена в 1925 г. в Йене. Диаметр ее составлял 40 м, это равно диаметру купола св. Петра в Риме. Масса этой оболочки оказалась в 30 раз меньше купола собора св. Петра. Это первый пример, который показал перспективные возможности нового конструктивного принципа.

Появление напряженно-армированного железобетона, создание новых методов расчета, измерение и испытание конструкций с помощью моделей наряду со статической и экономической выгодой их применения – все это способствовало быстрому распространению оболочек во всем мире.

Оболочки имеют и еще ряд преимуществ:

- в покрытии они выполняют одновременно две функции: несущей конструкции и кровли;
- они огнестойки, что во многих случаях ставит их в более выгодное положение даже при равных экономических условиях;
- они не имеют себе равных по разнообразию и оригинальности форм в истории архитектуры;
- наконец, по сравнению с прежними сводчатыми и купольными конструкциями, во много раз превосходили их по масштабам перекрываемых пролетов.

Если строительство оболочек в железобетоне получило достаточно широкое развитие, то в металле и дереве эти конструкции имеют пока ограниченное применение, так как не найдены еще достаточно простые свойственные металлу и дереву, конструктивные формы оболочек.

Оболочки в металле могут выполняться цельнометаллическими, где оболочка выполняет одновременно функции несущей и ограждающей конструкции в один, два и более слоев. При соответствующей разработке строительство оболочек может свестись к индустриальной сборке крупных панелей.

Однослойные металлические оболочки выполняются из стального или алюминиевого листа. Для увеличения жесткости оболочек вводятся поперечные ребра. При частом расположении поперечных ребер, связанных между собой по верхнему и нижнему поясу, можно получить двухслойную оболочку.

Далее будут рассмотрены в соответствующих разделах примеры строительства оболочек с применением металла и дерева.

Оболочки бывают одинарной и двойной кривизны.

К оболочкам одинарной кривизны относятся оболочки с цилиндрической или конической поверхностью (лист 12, а, б).

Цилиндрические оболочки имеют круговое, эллиптическое или параболическое очертание и опираются на торцевые диафрагмы жесткости, которые могут быть выполнены в виде стен, ферм, арок или рам. В зависимости от длины оболочек их делят на короткие, у которых пролет по продольной оси не более чем полторы длины волны (пролет в поперечном направлении), и на длинные, у которых пролет по продольной оси более, чем полторы волны (лист 13, а, в, д).

По продольным краям длинных цилиндрических оболочек предусматриваются бортовые элементы (ребра жесткости), в которых размещается продольная арматура, позволяющая работать оболочке вдоль продольного пролета подобно балке. Кроме того, бортовые элементы воспринимают распор от работы оболочек в поперечном направлении и поэтому должны обладать достаточной жесткостью и в горизонтальном направлении (лист 13, а, д).

Длина волны длинной цилиндрической оболочки обычно не превышает 12 м. Отношение стрелы подъема к длине волны принимается не менее  $1/7$  пролета, а отношение стрелы подъема к длине пролета – не менее  $1/10$ .

Сборные длинные цилиндрические оболочки членятся обычно на цилиндрические секции, бортовые элементы и диафрагму жесткости, арматура которых в процессе монтажа сваривается между собой и замоноличивается (лист 13, д).

Длинные цилиндрические оболочки целесообразно применять для покрытий больших помещений с прямоугольным очертанием в плане. Длинные оболочки обычно располагают параллельно короткой стороне перекрываемого прямоугольного пространства для сокращения величины пролета оболочек вдоль продольной оси (лист 13, е). Развитие длинных цилиндрических оболочек идет по линии поисков возможно более плоской дуги при небольшой величине стрелы подъема, что ведет к облегчению условий производства строительных работ, снижению объема здания и улучшению условий эксплуатации. Особенно выгодно, в смысле конструктивной работы, устройство последовательного ряда плоских цилиндрических оболочек, так как в этом случае изгибающие усилия, действующие в горизонтальном направлении, погашаются соседними оболочками (кроме крайних).

Приведем примеры применения в строительстве длинных цилиндрических оболочек.

Многоволновая длинная цилиндрическая оболочка выполнена в гараже в Бурнемауте (Англия). Размеры оболочки 45 × 90 м, толщина 6,3 см проект выполнен инженером Морганом (лист 14, а).

Покрытие спортивного зала в Мадриде (1935 г.) выполнено по проекту архитектора Зуазо и инженера Торрохи. Покрытие представляет комбинацию двух длинных цилиндрических оболочек, опирающихся на торцевые стены и не требует опирания на продольные стены, которые по этой причине выполнены из легких материалов. Длина оболочки 35 м, пролет 32,6 м, толщина 8,5 см. (лист 14, б).

Ангар аэродрома в Карачи, построенный в 1944 г., представлен оболочками длина которых 29,6 м, ширина 10,67 м и толщина 6,25 см. Оболочки опираются на прогон пролетом 58 м, который является перемычкой над воротами ангара (лист 14, в).

Применение длинных цилиндрических оболочек практически ограничено пролетами до 50 м, так как за этим пределом высота бортовых элементов (рандбалок) получается чрезмерно большой.

Подобные оболочки часто используются в промышленном строительстве, но находят применение в общественных зданиях. В "Калининградгражданпроекте" разработаны длинные цилиндрические оболочки пролетами 18 × 24 м, шириной 3 м. Они изготавливаются сразу на пролет вместе с утеплителем – древесноволокнистой плитой. Сверху в заводских условиях на готовый элемент наносится слой гидроизоляции.

Длинные цилиндрические оболочки выполняются из железобетона, армоцемента, стали и алюминиевых сплавов.

Так для покрытия в Санкт-Петербурге Московского вокзала применена цилиндрическая оболочка, изготовленная из листового алюминия. Длина температурного блока 48 м, ширина 9 м. Покрытие подвешено к железобетонным опорам, установленным на междупутье.

Короткие цилиндрические оболочки по сравнению с длинными оболочками имеют более значительную величину волны и стрелу подъема. Кривизна коротких цилиндрических оболочек соответствует направлению наибольшего пролета перекрываемого помещения. Эти оболочки работают как своды. Форма кривой может быть представлена дугой круга или параболой. В связи с опасностью выпучивания в коротких оболочках в большинстве случаев вводятся поперечные ребра жесткости. Кроме бортовых элементов такие оболочки должны иметь затяжки для восприятия горизонтальных поперечных сил (лист 13, в, д).

Широко известны короткие цилиндрические оболочки для зданий с сеткой колонн  $24 \times 12$  м и  $18 \times 12$  м. Они состоят из ферм-диафрагм, ребристых панелей  $3 \times 12$  м и бортовых элементов (лист 15, а – г).

Конструкции на указанные пролеты признаны типовыми.

Применение коротких цилиндрических оболочек не требует применения подвесного потолка.

Конические оболочки обычно используются для покрытий трапецеидальных в плане зданий или помещений. Конструктивные особенности этих оболочек такие же как и длинных цилиндрических (лист 12, а). Примером интересного использования этой формы может служить покрытие ресторана на берегу озера в штате Джорджия (США), выполненное в виде ряда железобетонных грибовидных конусов диаметром 9,14 м. Пустотелые ножки грибов используются для отвода дождевой воды с поверхности покрытия. Треугольники, образованные краями трех соприкасающихся грибов, перекрыли железобетонными плитами с круглыми отверстиями для световых фонарей в виде куполов из пластмассы.

В волнообразных и складчатых оболочках с большими пролетами возникают значительные изгибающие моменты, вызываемые временными нагрузками от ветра, снега, изменений температуры и т.д. Необходимое усиление таких оболочек достигалось устройством ребер. Снижение усилий было достигнуто переходом к волнообразным и складчатым профилям самой оболочки. Это дало возможность увеличить жесткость оболочек и снизить расход материала.

Такие конструкции дают возможность подчеркнуть контраст между плоскостью ограждающей стены, которая может быть независима от несущих опор и опирающимся на нее покрытием. Это дает возможность в этих конструкциях делать большие консольные вылеты для устройства подпорок и т.д. (Курский вокзал в Москве).

Складки и волны это интересная пластинчатая форма для потолка, а иногда и для стен в интерьерах.

Волнистая оболочка, когда для нее найдены масштаб, кривизна, форма, исходя из требований архитектурной эстетики, может быть достаточно выразительной. Этот тип конструкций разработан для пролетов более 100 м, которые были применены для покрытий самых различных объектов.

Многогранные складчатые своды-оболочки являются примером повышения жесткости цилиндрической оболочки путем придания многогранной формы.

Переход от оболочек одинарной кривизны к оболочкам двоякой кривизны знаменует собой новый этап в развитии оболочек, так как действие изгибающих усилий в них сводится к минимуму.

Такие оболочки применяются в зданиях с различными планами: квадратными, треугольными, прямоугольными и т.д.

Разновидностью таких оболочек на круглом или овальном плане является купол.

Оболочки двоякой кривизны могут выполняться как с вспарушенными так и пологими контурами.

К их недостаткам можно отнести: завышенный объем перекрываемого здания, большую поверхность кровли, не всегда благоприятные акустические характеристики. В покрытии возможно применение световых фонарей главным образом, в центре.

Такие оболочки могут выполняться в монолитном и сборно-монолитном варианте железобетона. Пролеты этих зданий варьируются в пределах  $24 \dots 30$  м. Устойчивость оболочки обеспечивается системой предварительно-напряженных балок жесткости с сеткой  $12 \times 12$  м. Контур оболочки опирается на преднапряженный пояс.

В ряде случаев целесообразно перекрывать зальные помещения шатровыми оболочками, имеющими форму усеченной пирамиды, выполненными из железобетона. Опираются они могут по контуру, по двум сторонам или углам.

Наиболее распространенные в строительной практике типы оболочек двоякой кривизны представлены на листе 12, е, ж, з.

## 2.4 Купола

Купол представляет собой поверхность вращения. Усилия в нем действуют в меридиональном и широтном направлении. По меридиану возникают сжимающие напряжения. По широтам, начиная от вершины, возникают, также сжимающие усилия, переходящие постепенно в растягивающие, которые достигают своего максимума у нижнего края купола. Купольные оболочки могут опираться на опорное кольцо, работающее на растяжение, на колонны – через систему диафрагм или ребер жесткости, если оболочка имеет в плане квадратную или многогранную форму.

Купол возник в странах Востока и имел, прежде всего, утилитарное назначение. При отсутствии дерева покрытием для жилищ служили глиняные и кирпичные купола. Но постепенно, благодаря своим исключительным эстетическим и тектоническим качествам, купол приобрел самостоятельное смысловое содержание как архитектурная форма. Развитие формы купола связано с постоянным изменением характера его геометрии. От сферической и шаровой формы строители переходят к остроконечной со сложными параболическими очертаниями.

Купола бывают сферические и многогранные, ребристые, гладкие, гофрированные, волнистые (лист 16, а).

Рассмотрим наиболее характерные примеры купольных оболочек.

Покрытие дворца спорта в Риме (1960 г), построенного по проекту профессора П.Л. Нерви для Олимпийских игр, представляет собой сферический купол, выполненный из сборных армоцементных элементов шириной 1,67 до 0,34 м, имеющих сложную пространственную форму (лист 17, а). 114 сегментов купола опираются на 38 наклонных опор (3 сегмента на 1 опору). После выполнения монолитных конструкций и замоноличивания сборных сегментов, конструкция купола стала работать как единое целое. Здание было построено за 2,5 месяца.

Купольное покрытие концертного зала в Мацуяма (Япония), выполненного в 1954 г. по проекту архитектора Кенцо Танге и инженера Цибон, представляет собой сегмент шара диаметром 50 м, стрелой подъема 6,7 м (лист 17, б). В покрытии устроено 123 круглых отверстия диаметром 60 см для верхнего освещения зала.

Толщина оболочки в середине 12 см, у опор 72 см. Утолщенная часть оболочки заменяет опорное кольцо.

Купол над зрительным залом театра в Новосибирске (1932 г.) имеет диаметр 55,5 м, стрела подъема 13,6 м. Толщина оболочки 8 см (1/685 пролета). Она опирается на кольцо сечением 50 × 80 см (лист 17, в).

Купол выставочного павильона в Белграде (Югославия) сооружен в 1957 г. Диаметр купола 97,5 м со стрелой подъема 12 ... 84 м. Купол представляет собой конструкцию, состоящую из монолитной центральной части диаметром 27 м, и кольцевой, полый, трапецеидального сечения железобетонной балки, на которую опирается 80 сборных железобетонных полуарок двутаврового сечения, раскрепленных тремя рядами кольцевых оболочек (лист 17, г).

Купольное покрытие стадиона в Опорто (Португалия), сооруженного в 1981 г. имеет диаметр 92 м. Покрытие выполнено из 32 меридианально-расположенных ребер, опирающихся на треугольные рамы, и 8 железобетонных колец. Диаметр купола в зоне опирания его на треугольные рамы – 72 м, высота купола 15 м. По железобетонному каркасу выполнена оболочка купола из бетона на пробковом заполнителе.

В вершине купола сооружен световой фонарь (лист 17, д).

На листе 18 приведены примеры куполов-оболочек, выполненных в металле. Опыт строительства таких зданий показал, что они не лишены недостатков. Так, главным из них является большой строительный объем зданий и чрезмерно большая масса строительных конструкций.

В последние годы появились первые купольные здания с раздвижной кровлей.

Например, для стадиона в Питсбурге (лист 18) применены скользящие радиально по поверхности купола секторные элементы оболочки, изготовленные из алюминиевых сплавов.

В деревянных куполах (лист 19, а, б, в) несущими конструкциями являются деревянные пиленные или клееные элементы. В современных пологих куполах основные элементы каркаса работают на сжатие, ввиду чего применение дерева особенно целесообразно.

Начиная со средних веков, дерево в куполостроении применяется в качестве конструкционного материала. Много деревянных куполов, относящихся к эпохе Средневековья, сохранилось до настоящего времени в странах Западной Европы. Они часто представляют собой надчердачное покрытие над основ-

ным куполом, выполненное в кирпиче. Эти купола имели могучую систему связей жесткости. К числу таких куполов принадлежит, например, главный купол Троицкой церкви в Ленинграде. Купол диаметром 25 м и стрелой подъема 21, 31 м, возведен в 1834 г. и существует до настоящего времени. Из деревянных куполов того времени, этот купол был наибольшим в мире. Он имеет типичную брусчатую конструкцию, состоящую из 32 меридиональных ребер, соединенных несколькими брусами кольцевых связей.

В 1920 – 30 гг. в нашей стране было возведено несколько деревянных куполов значительных размеров. Деревянными тонкостенными куполами были перекрыты газгольдеры диаметром 32 м на Березниковском и Бобриковском химкомбинатах. В Саратове, Иванове и Баку деревянными куполами были перекрыты цирки диаметрами соответственно 46, 50 и 67 м. Эти купола имели ребристую конструкцию, где ребра представляли собой решетчатые арки (лист 19, б).

Современная техника склейки древесины прочными водостойкими синтетическими клеями и большой опыт производства клееной древесины, и ее применение в строительстве, позволили ввести древесину как новый высококачественный материал в большепролетные сооружения. Конструкции из древесины прочны, долговечны, огнестойки и экономичны.

Купола из клееной древесины используются для перекрытия выставочных и концертных залов, цирков, стадионов, планетариев и других общественных зданий. Архитектурно-конструктивные типы куполов из клееной древесины очень разнообразны. Наиболее часто применяются ребристые купола, купола с треугольной сеткой и сетчатые купола с решеткой кристаллического типа, разработанные профессором М.С. Туполевым.

В США и Англии сооружен ряд куполов из клееной древесины.

В штате Монтана (США) над зданием спортивного центра на 15 тыс. зрителей в 1956 г. был возведен деревянный купол диаметром 91,5 м со стрелой подъема 15,29 м (лист 19, в). Несущий остов купола состоит из 36 меридиональных ребер сечением 17,5 × 50 см. Ребра опираются на выполненное из прокатных профилей нижнее опорное кольцо и на сжатое верхнее металлическое кольцо. Купол установлен на железобетонные колонны высотой 12 м. В каждой ячейке, образованной ребрами и прогонами, по диагонали крест-накрест натянуты стальные тязи. Монтаж купола производился спаренными полуарками вместе с прогонами и тязями. Каждая полуарка длиной 45 м собиралась на земле из трех частей.

Складчатые купола монтируются из армоцементных пространственных скорлуп, расположенных в один или два яруса, или их выполняют монолитными (лист 19, а).

Волнообразные купола применяют при пролетах более 50 м. Волнообразную форму поверхности купола придают для обеспечения большей жесткости и устойчивости (лист 20, а, б).

Покрытие крытого рынка в Руайене (Франция) построенного по проекту архитекторов Симона и Морисео, инженера Сарже в 1955 г. представляет собой волнообразную сферическую оболочку из радиально расположенных 13 синусообразных параболоидов (лист 20, а). Диаметр купола – 50 м, высота 10,15 м, ширина волны 6 м, толщина 10,5 см. Нижние края волн непосредственно опираются на фундамент.

Покрытие цирка в Бухаресте (1960 г.), выполнено по проекту института "Проект-Бухарест", представляет собой волнообразный купол диаметром 60,6 м, состоящий из 16 параболических волн-сегментов (лист 20, б). Толщина оболочки 7 см в вершине, 12 см – у опор. Купол опирается на 16 столбов, связанных между собой полигональным предварительно-напряженным железобетонным поясом, воспринимающим усилия распора в куполе.

Оболочки с поверхностью переноса применяют при покрытии прямоугольных или многоугольных в плане помещений. Опираются такие оболочки на диафрагмы по всем сторонам многоугольника. Поверхность оболочки переноса образуется, при поступательном движении одной кривой по другой при условии, что обе кривые выгнуты вверх и находятся в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (лист 12, е).

Оболочки переноса (лист 12, д) работают в поперечном и продольном направлении подобно сводам. Мощные затяжки, подвешенные под продольными ребрами, воспринимают распор в направлении пролета. В поперечном направлении распор от оболочки в крайних пролетах воспринимают диафрагмы жесткости и бортовые элементы, а в средних пролетах распор погашается соседними оболочками. Поперечные сечения оболочек переноса по всей длине свода, кроме опорных зон, чаще принимают круговыми (лист 16, б).

Примером оболочки с поверхностью переноса является покрытие резиновой фабрики в Бринморе (Южный Уэльс, Англия), построенной в 1947 г. (лист 21, б). Покрытие состоит из 9 прямоугольных эл-

липтических оболочек размером  $19 \times 26$  м. Толщина оболочек 7,5 см. Жесткость оболочек обеспечена боковыми диафрагмами.

В опорных зонах оболочка может заканчиваться коноидальными элементами, обеспечивающими переход от кругового поперечного сечения средней зоны к прямоугольному по линии опирания.

По этой системе в Ленинграде построено покрытие над автогаражом пролетом 96 м, состоящее из 12 сводов шириной 12 м каждый.

Сферические парусные оболочки образуются в том случае, если сферическая поверхность ограничивается вертикальными плоскостями, построенными на сторонах квадрата. Диафрагмы жесткости в этом случае одинаковы для всех четырех сторон (лист 12, в, д, лист 16).

Сборные ребристые сферические оболочки размером  $36 \times 36$  м находят использование при строительстве многих промышленных объектов (лист 21, д). В этом решении применяются плиты четырех типоразмеров: в средней части квадратные  $3 \times 3$  м, а к периферии – оболочки ромбические, близкие к размеру квадрата. Эти плиты имеют диагональные рабочие ребра и небольшие утолщения по контуру. Концы арматуры диагональных ребер оголены. При монтаже их сваривают с помощью накладных стержней. В швы между плитами в зоне угловых стыков закладывают стержни с надетой на них спиральной арматурой. После этого швы замоноличивают.

Сферическое покрытие здания Новосибирского торгового центра имеет размеры в плане  $102 \times 102$  м, подъем контурных арок равен  $1/10$  пролета. Такой же подъем имеет образующая кривая оболочки. Общий подъем оболочки равен 20,4 м. Разрезка поверхности оболочки выполнена с учетом схемы переноса. На угловых участках плиты покрытия расположены диагонально в целях размещения в продольных (диагональных) швах напряженной арматуры.

Опорные части угловых участков покрытия, испытывающие наибольшие напряжения, решены в монолитном железобетоне.

Покрытие зала собраний на 1200 мест Массачусетского технологического института в Бостоне (США) выполнено по проекту архитектора Эро Сааринера. Оно представляет собой сферическую оболочку диаметром 52 м и имеет в плане форму треугольника. Сферическая оболочка покрытия представляет собой  $1/8$  часть шаровой поверхности. По контуру оболочка опирается на три криволинейных несущих пояса, которые передают усилия на опоры, расположенные в трех точках (лист 21, з). Толщина оболочки от 9 до 61 см. Столь большая толщина оболочки у опор объясняется значительными изгибающими моментами, возникающими в оболочке из-за больших вырезов, что говорит о неудачном конструктивном решении.

Покрытие торгового центра в Каное (Гавайские острова, США) выполнено в виде сферической оболочки с гладкой поверхностью размером  $39,01 \times 39,01$  м. Оболочка не имеет диафрагмы жесткости и опирается углами на 4 устоя. Толщина оболочки 76 ... 254 мм. (лист 21, а).

Покрытие (Испания) крытого рынка в Алхесиресе, построенного в 1935 г. по проекту инженера Торрохи и архитектора Аркаса, представляет собой восьмигранную сферическую оболочку диаметром 47,6 м. Восемь опор, на которые опирается оболочка, связаны между собой полигональным поясом, воспринимающим распор от оболочки (лист 21, в).

## 2.5 Оболочки с противоположным направлением кривизны

Оболочки с противоположным направлением одной и другой кривизны образуются путем перемещения прямой линии (образующей) по двум направляющим кривым. К ним относятся коноиды, однополые гиперболоиды вращения и гиперболические параболоиды (лист 12, е, ж, з).

При образовании коноида образующая прямая опирается на кривую и на прямую линии (лист 12, ж). В результате получается поверхность с противоположным направлением одной кривизны. Коноид применяется главным образом для шедовых крыш и дает возможность получать множество разнообразных форм. Направляющая кривой коноида может быть параболой или круговой кривой. Коноидная оболочка в шедовом покрытии позволяет обеспечить естественное освещение и проветривание помещений (лист 16, з, д).

Опорными элементами коноидных оболочек могут являться арки, рандбалки и других конструкции. Пролет таких оболочек составляет от 18 до 60 м. Возникающие в оболочке коноида растягивающие напряжения, передаются на жесткие диафрагмы. Нагрузка оболочки коноида воспринимается четырьмя опорами, размещенными обычно в четырех угловых точках оболочки.

Примером может служить приемный и складской корпус крытого рынка в Тулузе (Франция), построенный по проекту инженера Прата. Рынок перекрыт конструкцией, состоящей из параболических железобетонных арочных ферм пролетом 20 м, со стрелой подъема 10 м и коноидных оболочек толщиной 70 мм, расстояние между арками – 7 м. Расположенные вдоль продольных сторон здания погрузочные площадки перекрыты цилиндрическими оболочками в виде консолей длиной 7 м, удерживаемых с помощью вант, опирающихся на арки (лист 22, а).

Образующая прямая однополлого гиперboloида вращения оборачивается вокруг оси, с которой она пересекается в наклонном положении (лист 12, з). При перемещении этой прямой возникают как бы две системы образующих, пересекающихся на поверхности оболочки.

Примером применения этой оболочки являются трибуны ипподрома Зарзуэла в Мадриде (лист 22, б) и рынок в Со (Франция) (лист 22, в).

Образование поверхности гиперболического параболоида (гипара) определяется системами непараллельных и непересекающихся прямых (лист 12, з), которые называются направляющими линиями. Каждая точка гиперболического параболоида является точкой пересечения двух образующих, входящих в состав поверхности.

При равномерно распределенной нагрузке напряжения во всех точках поверхности гипара имеют постоянную величину. Это объясняется тем, что усилия растяжения и сжатия одинаковы для каждой точки. Вот почему гипары имеют большую сопротивляемость к выпучиванию. Когда оболочка под действием нагрузки стремится прогнуться, растягивающее напряжение в направлении, нормальном к этому давлению, автоматически возрастает. Это позволяет выполнять оболочки малой толщины, часто без бортовых элементов.

Первые статические исследования гипаров опубликовал в 1935 г. француз Лафай, но практическое применение в работах они нашли лишь после второй мировой войны. Борони в Италии, Рубана в Чехословакии, Канделы в Мексике, Сальвадори в США, Сарже во Франции.

Эксплуатационные и экономические достоинства гипаров и неограниченные эстетические возможности создают для их применения огромный простор.

На листе 16, е, ж, з, и показаны возможные комбинации из поверхностей плоских гипаров.

Покрытие городского театрального зала в Шизуске (Япония) архитектор Кенцо Танге, инженер Шошикау Пауби (лист 23, а). В зале предусмотрено 2 500 мест для зрителей. Здание в плане квадратное, со стороной равной 54 м. Оболочка имеет форму гипара, поверхность которого усилена ребрами жесткости, расположенными параллельно сторонам квадрата через 2,4 м. Вся нагрузка от покрытия передается на две железобетонные опоры, связанные друг с другом под полом зала железобетонными прогонами. Дополнительными опорами рандбалок оболочки являются тонкие качающиеся стойки по фасадам здания. Ширина рандбалки 2,4 м, толщина 60 см, толщина оболочки 7,5 см.

Часовня и парковый ресторан в Мехико выполнены по проектам инженера Феликса Канделы. В этих сооружениях использованы сочетания нескольких гиперболических параболоидов (лист 23, б, в)

По проекту Ф. Канделы выполнен также ночной клуб в Акапулько (Мексика). В этой работе применено 6 гипаров.

Мировая практика строительства богата примерами различных форм гипаров в строительстве.

## 2.6 Перекрестно-ребристые и перекрестно-стержневые покрытия

Перекрестно-ребристые покрытия представляют собой систему балок или ферм с параллельными поясами, перекрещивающимися в двух, а иногда и в трех направлениях. Эти покрытия по своей работе приближаются к работе сплошной плиты. За счет создания перекрестной системы появляется возможность уменьшить высоту ферм или балок до  $1/6 \dots 1/24$  пролета. Следует отметить, что перекрестные системы эффективны лишь для прямоугольных помещений с отношением сторон в пределах от 1:1 до 1,25:1. При дальнейшем увеличении этого отношения конструкция теряет свои преимущества, превращаясь в обычную балочную систему.

В перекрестных системах очень выгодно применять консоли с вылетом до  $1/5 \dots 1/4$  пролета. Рациональное опирание перекрестных покрытий, использующее пространственный характер их работы, позволяет оптимизировать их применение и возводить разнообразные по габаритам и опиранию покрытия из однотипных сборных элементов заводского изготовления.

В перекрестно-ребристых покрытиях расстояние между ребрами применяется от 1,5 м до 6 м. Перекрестно-ребристые покрытия могут быть стальными, железобетонными, деревянными.

Перекрестно-ребристые покрытия, выполненные из железобетона в виде кессонов, рационально применять с пролетами до 36 м. При больших пролетах следует переходить на использование стальных или железобетонных ферм.

Деревянные перекрестные покрытия размером до  $24 \times 24$  м выполняются из фанеры и брусков на клею и гвоздях.

Примером использования перекрестных ферм может быть проект Зала конгрессов в Чикаго выполненный в 1954 г. архитектором Ван Дер Роэ (США). Размеры покрытия зала  $219,5 \times 219,5$  м (лист 24, а).

Высота зала до верха конструкций – 34 м. Перекрестные конструкции выполнены из стальных ферм с параллельными поясами с раскосной решеткой высотой 9,1 м. Вся конструкция опирается на 24 опоры (по 6 опор на каждой стороне квадрата).

В выставочном павильоне в Сокольниках (Москва) выстроенном в 1960 г. по проекту "Моспроекта", применена перекрестная система покрытия размером  $46 \times 46$  м из алюминиевых ферм, опирающихся на 8 колонн Шаг ферм 6 м, высота – 2,4 м. Кровля выполнена из алюминиевых панелей длиной 6 м (лист 24, б)

Институт ВНИИЖелезобетон совместно с ЦНИИЭПжилища разработали оригинальную конструкцию перекрестно-диагонального покрытия размером  $64 \times 64$  м, выполненного из сборных железобетонных элементов. Покрытие опирается на 24 колонны, расположенные по сторонам квадрата  $48 \times 48$  м, и состоит из пролетной части и консольной с выносом 8 м. Шаг колонн 8 м.

Данная конструкция нашла свое применение при строительстве Дома Мебели на Ломоносовском проспекте в Москве (авторы А. Образцов, М. Контридзе, В. Антонов и др.) Все покрытие выполнено из 112 сборных сплошных железобетонных элементов двутаврового сечения длиной 11,32 м и 32 аналогичных элементов длиной 5,66 м (лист 25). Ограждающим элементом покрытия является легкий сборный утепленный щит, по которому укладывается многослойный гидроизоляционный ковер.

Стержневые пространственные конструкции из металла это дальнейшее развитие плоскостных решетчатых конструкций. Принцип стержневой пространственной конструкции известен человечеству с древнейших времен, он использован и в монгольских юртах и в хижинах жителей тропической Африки, и в каркасных постройках Средневековья, а в наше время – в конструкциях велосипеда, самолета, подъемного крана и т.д.

**СТЕРЖНЕВЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОЛУЧИЛИ ШИРОКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВО МНОГИХ СТРАНАХ МИРА. ЭТО ОБЪЯСНЯЕТСЯ ПРОСТОТОЙ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, ЛЕГКОСТЬЮ МОНТАЖА, А САМОЕ ГЛАВНОЕ – ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ. КАКОВА БЫ НИ БЫЛА ФОРМА СТЕРЖНЕВОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ, В НЕЙ ВСЕГДА МОЖНО ВЫДЕЛИТЬ ТРИ ТИПА ЭЛЕМЕНТОВ: УЗЛЫ, СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ СТЕРЖНИ И ЗОНЫ. СОЕДИНЕННЫЕ МЕЖДУ СОБОЙ В ОПРЕДЕЛЕННОМ ПОРЯДКЕ, ЭТИ ЭЛЕМЕНТЫ ОБРАЗУЮТ ПЛОСКИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ.**

**К ПРОСТРАНСТВЕННЫМ СИСТЕМАМ СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТНОСЯТСЯ:**

- **СТЕРЖНЕВЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ПЛИТЫ (ЛИСТ 26);**
- **СЕТЧАТЫЕ ОБОЛОЧКИ (ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ И КОНИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ, ОБОЛОЧКИ ПЕРЕНОСА И КУПОЛА) (ЛИСТ 27).**

**СТЕРЖНЕВЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ МОГУТ БЫТЬ ОДНОПОЯСНЫМИ, ДВУХПОЯСНЫМИ И МНОГОПОЯСНЫМИ. НАПРИМЕР, СТРУКТУРНЫЕ ПЛИТЫ ВЫПОЛНЯЮТ ДВУХПОЯСНЫМИ, А СЕТЧАТЫЕ КУПОЛА И ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ ПРИ ОБЫЧНЫХ ПРОЛЕТАХ – ОДНОПОЯСНЫМИ.**

**УЗЛЫ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ СТЕРЖНИ ФОРМИРУЮТ ПРОСТРАНСТВО, ЗАКЛЮЧЕННОЕ МЕЖДУ НИМИ (ЗОНУ). ЗОНЫ МОГУТ БЫТЬ В ВИДЕ ТЕТРАЭДРА, ГЕКСАЭДРА (КУБА) ОКТАЭДРА, ДОДЕКАЭДРА, И Т.Д. ФОРМА ЗОНЫ МОЖЕТ ОБЕСПЕЧИВАТЬ ИЛИ НЕ ОБЕСПЕЧИВАТЬ ЖЕСТКОСТЬ СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ, ТАК НАПРИМЕР, ТЕТРАЭДР, ОКТАЭДР И ИКОСАЭДР ЯВЛЯЮТСЯ ЖЕСТКИМИ ЗОНАМИ.**

**ПРОБЛЕМА УСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ ОДНОСЛОЙНЫХ СЕТЧАТЫХ ОБОЛОЧЕК СВЯЗАНА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ТАК НАЗЫВАЕМОГО "ПРОЩЕЛКИВАНИЯ" ИХ ПОДОБНО ТОНКОСТЕННЫМ ОБОЛОЧКАМ (ЛИСТ 26). УГОЛ  $\alpha$  МОЖЕТ БЫТЬ ЗНАЧИТЕЛЬНО МЕНЬШЕ СТА ГРАДУСОВ. САМО ПРОЩЕЛКИВАНИЕ НЕ ПРИВОДИТ К ОБРУШЕНИЮ ВСЕЙ СЕТЧАТОЙ КОНСТ-**

**РУКЦИИ, КОНСТРУКЦИЯ В ЭТОМ СЛУЧАЕ ПРИОБРЕТАЕТ ДРУГУЮ УСТОЙЧИВУЮ РАВНОВЕСНУЮ КОНСТРУКЦИЮ.**

**УЗЛОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ, ЗАВИСЯТ ОТ КОНСТРУКЦИИ СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ. ТАК, В ОДНОСЛОЙНЫХ СЕТЧАТЫХ ОБОЛОЧКАХ ДОЛЖНЫ ПРИМЕНЯТЬСЯ УЗЛОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ С ЖЕСТКИМ ЗАЩЕМЛЕНИЕМ СТЕРЖНЕЙ В НАПРАВЛЕНИИ НОРМАЛЬНОМ К ПОВЕРХНОСТИ, ЧТОБЫ ИЗБЕЖАТЬ "ПРОЩЕЛКИВАНИЕ" УЗЛОВ, А В СТРУКТУРНЫХ ПЛИТАХ, КАК И ВООБЩЕ В МНОГОПОЯСНЫХ СИСТЕМАХ, ЖЕСТКОГО СОЕДИНЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ В УЗЛАХ НЕ ТРЕБУЕТСЯ. КОНСТРУКЦИЯ УЗЛОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ЗАВИСИТ ОТ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЗАВОДА-ИЗГОТОВИТЕЛЯ.**

**НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЕ СИСТЕМЫ СТЕРЖНЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ СЛЕДУЮЩИЕ:**

- СИСТЕМА "МЕКО" (СОЕДИНЕНИЕ НА РЕЗЬБЕ С ПОМОЩЬЮ ФАСОННОГО ЭЛЕМЕНТА – ШАРА), ПОЛУЧИЛА ШИРОКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ БЛАГОДАРЯ ПРОСТОТЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И МОНТАЖА (ЛИСТ 28, В);**
- СИСТЕМА "СПЕЙС-ДЕК" ИЗ ПИРАМИДАЛЬНЫХ, СБОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, КОТОРЫЕ В ПЛОСКОСТИ ВЕРХНЕГО ПОЯСА СОЕДИНЯЮТСЯ МЕЖДУ СОБОЙ НА БОЛТАХ, А В ПЛОСКОСТИ НИЖНЕГО ПОЯСА СВЯЗЫВАЮТСЯ РАСТЯЖКАМИ (ЛИСТ 28, А);**
- СОЕДИНЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ НА СВАРКЕ С ПОМОЩЬЮ КОЛЬЦЕВЫХ ИЛИ ШАРОВЫХ ФАСОННЫХ ДЕТАЛЕЙ (ЛИСТ 28, Б);**
- СОЕДИНЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ С ПОМОЩЬЮ ГНУТЫХ ФАСОНОК НА БОЛТАХ И ДР. (ЛИСТ 28, Г);**

**СТЕРЖНЕВЫЕ (СТРУКТУРНЫЕ) ПЛИТЫ ИМЕЮТ СЛЕДУЮЩИЕ ОСНОВНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ:**

- ДВУХПОЯСНАЯ СТРУКТУРА С ДВУМЯ СЕМЕЙСТВАМИ ПОЯСНЫХ СТЕРЖНЕЙ;**
- ДВУХПОЯСНАЯ СТРУКТУРА С ТРЕМЯ СЕМЕЙСТВАМИ ПОЯСНЫХ СТЕРЖНЕЙ;**
- ДВУХПОЯСНАЯ СТРУКТУРА С ЧЕТЫРЬМЯ СЕМЕЙСТВАМИ ПОЯСНЫХ СТЕРЖНЕЙ.**

**ПЕРВАЯ СТРУКТУРА – ПРОСТЕЙШАЯ И ЧАЩЕ ВСЕГО ПРИМЕНЯЕМАЯ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ КОНСТРУКЦИЯ. ОНА ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ ПРОСТОТОЙ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ (В ОДНОМ УЗЛЕ СХОДЯТСЯ НЕ БОЛЕЕ ДЕВЯТИ СТЕРЖНЕЙ), УДОБНА ДЛЯ ПЕРЕКРЫТИЙ ПОМЕЩЕНИЙ, ПРЯМОУГОЛЬНЫХ В ПЛАНЕ. КОНСТРУКТИВНАЯ ВЫСОТА СТРУКТУРНОЙ ПЛИТЫ ПРИНИМАЕТСЯ РАВНОЙ  $1/20 \dots 1/25$  ПРОЛЕТА. ПРИ ОБЫЧНЫХ ПРОЛЕТАХ ДО 24 М ВЫСОТА ПЛИТЫ РАВНА 0,96 ... 1,2 М. ЕСЛИ КОНСТРУКЦИЯ ВЫПОЛНЯЕТСЯ ИЗ СТЕРЖНЕЙ ОДИНАКОВОЙ ДЛИНЫ, ЭТА ДЛИНА РАВНА 1,35 ... 1,7 М. ЯЧЕЙКИ СТРУКТУРНОЙ ПЛИТЫ ПРИ ТАКИХ РАЗМЕРАХ МОГУТ БЫТЬ ПЕРЕКРЫТЫ ОБЫЧНЫМИ КРОВЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ (ХОЛОДНЫМИ ИЛИ УТЕПЛЕННЫМИ) БЕЗ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПРОГОНОВ ИЛИ ОБРЕШЕТКИ. ПРИ ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ ПРОЛЕТАХ ПЛИТЫ НЕОБХОДИМО УСТРОЙСТВО ПРОГОНОВ ПОД КРОВЛЮ, ТАК КАК ПРИ ПРОЛЕТЕ 48 М ВЫСОТА ПЛИТЫ СОСТАВИТ ОКОЛО 1,9 М, А ДЛИНА СТЕРЖНЕЙ ОКОЛО 2,7 М.**

**ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ СТРУКТУРНЫХ ПЛИТ ПРИВЕДЕНЫ НА ЛИСТЕ 29.**

**СЕТЧАТЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ ВЫПОЛНЯЮТСЯ В ВИДЕ СТЕРЖНЕВЫХ СЕТОК С ОДИНАКОВЫМИ ЯЧЕЙКАМИ (ЛИСТ 27).**

**ПРОСТЕЙШАЯ СЕТЧАТАЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ОБОЛОЧКА ОБРАЗУЕТСЯ ИЗГИБОМ ПЛОСКОЙ ТРЕУГОЛЬНОЙ СЕТКИ. НО ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ СЕТЧАТАЯ ОБОЛОЧКА МОЖЕТ БЫТЬ ЛЕГКО ПОЛУЧЕНА И ПРИ РОМБИЧЕСКОЙ ФОРМЕ СЕТКИ.**

**В ЭТИХ ОБОЛОЧКАХ УЗЛЫ РАСПОЛАГАЮТСЯ НА ПОВЕРХНОСТИ РАЗЛИЧНОГО РАДИУСА, ЧТО ПОДОБНО ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЕ, ПОВЫШАЕТ НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ОБОЛОЧКИ. ЭТОГО ЭФФЕКТА МОЖНО ДОБИТЬСЯ И В ТРЕУГОЛЬНОЙ СТЕРЖНЕВОЙ СЕТКЕ.**

**СЕТЧАТЫЕ КУПОЛА, ИМЕЯ ПОВЕРХНОСТЬ ДВОЯКОЙ КРИВИЗНЫ, КАК ПРАВИЛО, ВЫПОЛНЯЮТСЯ ИЗ СТЕРЖНЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ДЛИНЫ. ФОРМА ИХ ВЕСЬМА РАЗНООБРАЗНА (ЛИСТ 27, А).**

**ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ КУПОЛА, ТВОРЦОМ КОТОРЫХ ЯВЛЯЕТСЯ ИНЖЕНЕР ФУТТЛЕР (США), ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ КОНСТРУКЦИЮ, В КОТОРОЙ ПОВЕРХНОСТЬ КУПОЛА РАЗБИТА НА РАВНОСТОРОННИЕ СФЕРИЧЕСКИЕ ТРЕУГОЛЬНИКИ, ОБРАЗОВАННЫЕ ЛИБО СТЕРЖНЯМИ РАЗЛИЧНОЙ ДЛИНЫ, ЛИБО ПАНЕЛЯМИ РАЗЛИЧНЫХ РАЗМЕРОВ.**

**СЕТЧАТЫЕ КОНИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ ПО КОНСТРУКТИВНОМУ РЕШЕНИЮ АНАЛОГИЧНЫ СЕТЧАТЫМ КУПОЛАМ, УСТУПАЯ, ОДНАКО, ИМ В ЖЕСТКОСТИ. ПРЕИМУЩЕСТВА ИХ – РАЗВЕРТЫВАЮЩАЯСЯ ПОВЕРХНОСТЬ, ОБЛЕГЧАЮЩАЯ РАСКРОЙ ЭЛЕМЕНТОВ КРОВЕЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СЕТЧАТЫХ КОНИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК МОЖЕТ БЫТЬ ПОСТРОЕНА НА ФОРМАХ ПРАВИЛЬНЫХ МНОГОУГОЛЬНИКОВ, ПРИ ЭТОМ В ВЕРШИНЕ КОНУСА МОГУТ СХОДИТЬСЯ ТРИ, ЧЕТЫРЕ ИЛИ ПЯТЬ РАВНОСТОРОННИХ ТРЕУГОЛЬНИКОВ. ВСЕ СТЕРЖНИ СИСТЕМЫ ИМЕЮТ ОДИНАКОВУЮ ДЛИНУ, НО УГЛЫ В СМЕЖНЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПОЯСАХ ОБОЛОЧКИ ИЗМЕНЯЮТСЯ. ДРУГИЕ ФОРМЫ СЕТЧАТЫХ ОБОЛОЧЕК ПРИВЕДЕНЫ НА ЛИСТЕ 27, Б, В, Д.**

**КРОВЕЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ В ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ, ТИПА СТРУКТУРНЫХ ПЛИТ, МАЛО ОТЛИЧАЮТСЯ ОТ ОБЫЧНО ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ПОКРЫТИЯ СЕТЧАТЫХ ОБОЛОЧЕК ОДИНАРНОЙ И ДВОЯКОЙ КРИВИЗНЫ РЕШЕНЫ ПО ДРУГОМУ. ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЛЕГКИХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭТИ ПОКРЫТИЯ, КАК ПРАВИЛО, НЕ СООТВЕТСТВУЮТ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ (ЗИМОЙ ХОЛОДНО, ЛЕТОМ ЖАРКО). В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ МОЖНО РЕКОМЕНДОВАТЬ ОПТИМАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ – ПЕНОПОЛИСТИРОЛБЕТОН. ОН МОЖЕТ БЫТЬ МОНОЛИТНЫМ (НАЛИВНОЙ СПОСОБ УСТРОЙСТВА КРОВЛИ) И СБОРНЫМ, МОЖЕТ УКЛАДЫВАТЬСЯ НЕПОСРЕДСТВЕННО В ФОРМЫ, В КОТОРЫХ ИЗГОТАВЛИВАЮТСЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ СБОРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОКРЫТИЙ И Т.Д. ЭТОТ МАТЕРИАЛ ЛЕГКИЙ (ПЛОТНОСТЬ 200 КГ/М<sup>3</sup>), ТРУДНОСГОРАЕМЫЙ И НЕ ТРЕБУЕТ ЦЕМЕНТНОЙ СТЯЖКИ. ТАКЖЕ ПРИМЕНЯЮТСЯ ДРУГИЕ ПОЛУЖЕСТКИЕ И МЯГКИЕ СИНТЕТИЧЕСКИЕ УТЕПЛИТЕЛИ.**

**НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫМ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ СЛЕДУЕТ СЧИТАТЬ ПРИМЕНЕНИЕ МАСТИЧНЫХ ЦВЕТНЫХ КРОВЕЛЬ, ТАК КАК ОНИ ОДНОВРЕМЕННО С ПРОБЛЕМОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ РЕШАЮТ ВОПРОСЫ И ВНЕШНЕГО ВИДА КОНСТРУКЦИЙ, ЧТО ОСОБЕННО СУЩЕСТВЕННО ДЛЯ ПОКРЫТИЙ ДВОЯКОЙ КРИВИЗНЫ. В НАШЕЙ СТРАНЕ ПРИМЕНЯЕТСЯ МАСТИКА "КРОВЕЛИТ", ПОЗВОЛЯЮЩАЯ ПОЛУЧАТЬ РАЗЛИЧНЫЕ ЦВЕТОВЫЕ ОТТЕНКИ КРОВЛИ (РАЗРАБОТАНА НИИПРОЕКТПОЛИМЕРКРОВЛЯ).**

**В КОНСТРУКЦИЯХ, ГДЕ ПОВЕРХНОСТЬ КРОВЛИ НЕ ВИДНА, МОГУТ ПРИМЕНЯТЬСЯ РУБЕРОИДНЫЙ КОВЕР ИЛИ СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПЛЕНКИ И ТКАНИ. ХОРОШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДАЕТ ПРИМЕНЕНИЕ КРОВЕЛЬНЫХ ПАКЕТОВ ИЗ ГОФРИРОВАННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ЛИСТОВ С ЗАШТАМПОВАННЫМ В НИХ ЖЕСТКИМ СИНТЕТИЧЕСКИМ УТЕПЛИТЕЛЕМ. ПОКРЫТИЕ КРОВЛИ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НЕЦЕЛЕСООБРАЗНО ЭКОНОМИЧЕСКИ.**

**ВОДООТВОД С ПОВЕРХНОСТИ КРОВЕЛЬ РЕШАЕТСЯ В КАЖДОМ СЛУЧАЕ ИНДИВИДУАЛЬНО.**

### **3 ВИСЯЧИЕ (ВАНТОВЫЕ) КОНСТРУКЦИИ**

**В 1834 Г. БЫЛ ИЗОБРЕТЕН ПРОВОЛОЧНЫЙ ТРОС – НОВЫЙ КОНСТРУКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ, НАШЕДШИЙ ОЧЕНЬ ШИРОКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, БЛАГОДАРЯ СВОИМ ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫМ СВОЙСТВАМ – ВЫСОКОЙ ПРОЧНОСТИ, МАЛОЙ МАССЕ, ГИБКОСТИ, ДОЛГОВЕЧНОСТИ.**

**В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРОВОЛОЧНЫЕ ТРОСЫ БЫЛИ ВПЕРВЫЕ ПРИМЕНЕНЫ В КАЧЕСТВЕ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВИСЯЧИХ МОСТОВ, А ЗАТЕМ УЖЕ ПОЛУЧИЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЕ В БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ВИСЯЧИХ ПОКРЫТИЯХ.**

**РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННЫХ ВАНТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ НАЧАЛОСЬ В КОНЦЕ XIX В. НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ НИЖЕГОРОДСКОЙ ВЫСТАВКИ 1896 Г. РУССКИЙ ИНЖЕНЕР В.Г. ШУХОВ ВПЕРВЫЕ ПРИМЕНИЛ ПРОСТРАНСТВЕННО РАБОТАЮЩУЮ МЕТАЛЛИЧЕСКУЮ КОНСТРУКЦИЮ, ГДЕ РАБОТА ЖЕСТКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ИЗГИБ БЫЛА ЗАМЕНЕНА РАБОТОЙ ГИБКИХ ВАНТ НА РАСТЯЖЕНИЕ.**

### 3.1 ВИСЯЧИЕ ПОКРЫТИЯ

**ВИСЯЧИЕ ПОКРЫТИЯ ПРИМЕНЯЮТСЯ НА ЗДАНИЯХ ПРАКТИЧЕСКИ ЛЮБЫХ ПО КОНФИГУРАЦИИ ПЛАНОВ. АРХИТЕКТУРНЫЙ ОБЛИК СООРУЖЕНИЙ С ВИСЯЧИМИ ПОКРЫТИЯМИ РАЗНООБРАЗЕН. ДЛЯ ВИСЯЧИХ ПОКРЫТИЙ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ПРОВОЛОКИ, ВОЛОКНА, СТЕРЖНИ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ИЗ СТАЛИ, СТЕКЛА, ПЛАСТМАСС И ДЕРЕВА. В НАШЕЙ СТРАНЕ С НАЧАЛА ВЕКА ПОСТРОЕНО БОЛЕЕ 120 ЗДАНИЙ С ВИСЯЧИМИ ПОКРЫТИЯМИ. ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКОЙ СОЗДАНА ТЕОРИЯ РАСЧЕТА ВИСЯЧИХ СИСТЕМ И КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ.**

**В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ СУЩЕСТВУЮТ ПОКРЫТИЯ ПРОЛОТОМ ОКОЛО 500 М. В ВИСЯЧИХ ПОКРЫТИЯХ НА НЕСУЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ (ТРОСЫ) РАСХОДУЕТСЯ ПРИМЕРНО 5–6 КГ СТАЛИ НА 1 М<sup>2</sup> ПЕРЕКРЫВАЕМОЙ ПЛОЩАДИ.**

**ВАНТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИМЕЮТ ВЫСОКУЮ СТЕПЕНЬ ГОТОВНОСТИ, А МОНТАЖ ИХ НЕСЛОЖЕН.**

**УСТОЙЧИВОСТЬ ВИСЯЧИХ ПОКРЫТИЙ ОБЕСПЕЧИВАЕТСЯ ЗА СЧЕТ СТАБИЛИЗАЦИИ (ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАТЯЖЕНИЯ) ГИБКИХ ТРОСОВ (ВАНТ). СТАБИЛИЗАЦИЯ ТРОСОВ МОЖЕТ БЫТЬ ДОСТИГНУТА ПУТЕМ ПРИГРУЗКИ В ОДНОПОЯСНЫХ СИСТЕМАХ, СОЗДАНИЕМ ДВУХПОЯСНЫХ СИСТЕМ (ТРОСОВЫХ ФЕРМ) И САМОНАПРЯЖЕНИЕМ ТРОСОВ ПРИ ПЕРЕКРЕСТНЫХ СИСТЕМАХ (ТРОСОВЫХ СЕТКАХ).**

**В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА СТАБИЛИЗАЦИИ ОТДЕЛЬНЫХ ТРОСОВ МОЖНО СОЗДАТЬ РАЗЛИЧНЫЕ ПЛИТЫ ВИСЯЧИХ КОНСТРУКЦИЙ (ЛИСТ 30, 1).**

**ВИСЯЧИЕ ПОКРЫТИЯ ОДИНАРНОЙ КРИВИЗНЫ – ЭТО СИСТЕМЫ ИЗ ОДИНОЧНЫХ ТРОСОВ И ДВУХПОЯСНЫЕ ВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ.**

**СИСТЕМА ИЗ ОДИНОЧНЫХ ТРОСОВ (ЛИСТ 30, 1, А) ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ НЕСУЩУЮ КОНСТРУКЦИЮ ПОКРЫТИЯ, СОСТОЯЩУЮ ИЗ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (ТРОСОВ), ОБРАЗУЮЩИХ ВОГНУТУЮ ПОВЕРХНОСТЬ.**

**ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ТРОСОВ ЭТОЙ СИСТЕМЫ ПРИМЕНЯЮТ СБОРНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПЛИТЫ. В СЛУЧАЕ ЗАМОНОЛИЧИВАНИЯ ТРОСОВ В КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЯ ПОЛУЧАЕТСЯ ВИСЯЧАЯ ОБОЛОЧКА. ВЕЛИЧИНА РАСТЯГИВАЮЩИХ УСИЛИЙ В ТРОСАХ ЗАВИСИТ ОТ ИХ ПРОВЕСА В СЕРЕДИНЕ ПРОЛЕТА. ОПТИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ СТРЕЛЫ ПРОВЕСА СОСТАВЛЯЕТ 1/15 ... 1/20 ПРОЛЕТА.**

**ВАНТОВЫЕ ПОКРЫТИЯ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ОДИНОЧНЫМИ ТРОСАМИ ПРИМЕНЯЮТ ДЛЯ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ В ПЛАНЕ ЗДАНИЙ. РАСПОЛАГАЯ ТОЧКИ ПОДВЕСА ТРОСОВ К ОПОРНОМУ КОНТУРУ В РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ИЛИ ДАВАЯ ИМ РАЗЛИЧНУЮ СТРЕЛУ ПРОВЕСА, МОЖНО ВЫПОЛНИТЬ ПОКРЫТИЕ С КРИВИЗНОЙ В ПРОДОЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ, ЧТО ПОЗВОЛИТ ОСУЩЕСТВИТЬ НАРУЖНЫЙ ВОДООТВОД С ПОКРЫТИЯ.**

**ДВУХПОЯСНАЯ ВАНТОВАЯ СИСТЕМА, ИЛИ ТРОСОВАЯ ФЕРМА, СОСТОИТ ИЗ НЕСУЩЕГО И СТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО ТРОСОВ, ИМЕЮЩИХ КРИВИЗНУ РАЗНОГО ЗНАКА. ПОКРЫТИЯ ПО НИМ МОГУТ ИМЕТЬ НЕБОЛЬШУЮ МАССУ (40 ... 60 КГ/М<sup>2</sup>). НЕСУЩИЙ И СТАБИЛИЗИРУЮЩИЙ ТРОСЫ СВЯЗЫВАЮТ МЕЖДУ СОБОЙ СТЕРЖНЯМИ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ ИЛИ ТРОСОВЫМИ РАСТЯЖКАМИ. ДОСТОИНСТВО ДВУХПОЯСНЫХ ВАНТОВЫХ СИСТЕМ С ДИАГОНАЛЬНЫМИ СВЯЗЯМИ СОСТОИТ В ТОМ, ЧТО ОНИ ВЕСЬМА НАДЕЖНЫ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ И ОБЛАДАЮТ МАЛОЙ ДЕФОРМАТИВНОСТЬЮ. ОПТИМАЛЬНАЯ ВЕЛИЧИНА СТРЕЛЫ ПРОВЕСА (ПОДЪЕМА) ПОЯСОВ ТРОСОВЫХ ФЕРМ ДЛЯ ВЕРХНЕГО ПОЯСА 1/17 ... 1/20, ДЛЯ НИЖНЕГО ПОЯСА 1/20 ... 1/25 ПРОЛЕТА (ЛИСТ 30, РИС. 1, В). НА ЛИСТЕ 31 ПОКАЗАНЫ ПРИМЕРЫ ВАНТОВЫХ ПОКРЫТИЙ ОДИНАРНОЙ КРИВИЗНЫ.**

**ВАНТОВЫЕ ПОКРЫТИЯ ДВОЯКОЙ КРИВИЗНЫ, МОГУТ БЫТЬ ПРЕДСТАВЛЕНЫ СИСТЕМОЙ ОДИНОЧНЫХ ТРОСОВ И ДВУХПОЯСНЫМИ СИСТЕМАМИ, А ТАКЖЕ ПЕРЕКРЕСТНЫМИ СИСТЕМАМИ (ТРОСОВЫМИ СЕТКАМИ).**

**ПОКРЫТИЯ, С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ ИЗ ОДИНОЧНЫХ ТРОСОВ, ЧАЩЕ ВСЕГО ВЫПОЛНЯЮТ В ПОМЕЩЕНИЯХ С КРУГЛЫМ ПЛАНом И РАДИАЛЬНЫМ РАЗМЕЩЕНИЕМ ТРОСОВ. ВАНТЫ КРЕПЯТСЯ ОДИМ КОНЦОМ К СЖАТОМУ ОПОРНОМУ КОЛЬЦУ, А ДРУГИМ – К РАСТЯНУТОМУ ЦЕНТРАЛЬНОМУ КОЛЬЦУ (ЛИСТ 30, РИС. 1, Б). ВОЗМОЖЕН ВАРИАНТ УСТАНОВКИ В ЦЕНТРЕ ОПОРЫ.**

## **ДВУХПОЯСНЫЕ СИСТЕМЫ ПРИНИМАЮТ АНАЛОГИЧНО ПЕРЕКРЫТИЯМ ОДИНАРНОЙ КРИВИЗНЫ.**

**В ПОКРЫТИЯХ С КРУГЛЫМ ПЛАНом ВОЗМОЖНЫ СЛЕДУЮЩИЕ ВАРИАНТЫ ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ НЕСУЩЕГО И СТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО ТРОСОВ: ТРОСЫ РАСХОДЯТСЯ ИЛИ СХОДЯТСЯ ОТ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОЛЬЦА К ОПОРНОМУ, ТРОСЫ ПЕРЕСЕКАЮТСЯ МЕЖДУ СОБОЙ, РАСХОДЯСЬ В ЦЕНТРЕ И У ПЕРИМЕТРА ПОКРЫТИЯ (ЛИСТ 30).**

**ПЕРЕКРЕСТНАЯ СИСТЕМА (ТРОСОВЫЕ СЕТКИ) ОБРАЗУЮТСЯ ДВУМЯ ПЕРЕСЕКАЮЩИМИСЯ СЕМЕЙСТВАМИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ТРОСОВ (НЕСУЩИХ И СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ). ПОВЕРХНОСТЬ ПОКРЫТИЯ В ЭТОМ СЛУЧАЕ ИМЕЕТ СЕДЛОВИДНУЮ ФОРМУ (ЛИСТ 30, РИС. 1, Г). УСИЛИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ В СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ТРОСАХ ПЕРЕДАЕТСЯ НА НЕСУЩИЕ ТРОСЫ В ВИДЕ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ СИЛ, ПРИЛОЖЕННЫХ В УЗЛАХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ. ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРЕКРЕСТНЫХ СИСТЕМ ПОЗВОЛЯЕТ ПОЛУЧИТЬ РАЗНООБРАЗНЫЕ ФОРМ ВАНТОВЫХ ПОКРЫТИЙ. ДЛЯ ПЕРЕКРЕСТНЫХ ВАНТОВЫХ СИСТЕМ ОПТИМАЛЬНАЯ ВЕЛИЧИНА СТРЕЛЫ ПОДЪЕМА СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ТРОСОВ СОСТАВЛЯЕТ  $1/12 \dots 1/15$  ПРОЛЕТА, А СТРЕЛА ПРОВЕСА НЕСУЩИХ ТРОСОВ –  $1/25 \dots 1/75$  ПРОЛЕТА. ВОЗВЕДЕНИЕ ТАКИХ ПОКРЫТИЙ ТРУДОЕМКО. ВПЕРВЫЕ БЫЛО ПРИМЕНЕНО МЭТЬЮ НОВИЦКИМ В 1950 Г. (СЕВЕРНАЯ КАРОЛИНА).**

**ПЕРЕКРЕСТНАЯ СИСТЕМА ПОЗВОЛЯЕТ ПРИМЕНЯТЬ ЛЕГКИЕ КРОВЕЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ В ВИДЕ СБОРНЫХ ПЛИТ ИЗ ЛЕГКОГО БЕТОНА ИЛИ АРМОЦЕМЕНТА.**

**НА ЛИСТАХ 31 И 32 ПРЕДСТАВЛЕНЫ ПРИМЕРЫ ВАНТОВЫХ ПОКРЫТИЙ ОДИНАРНОЙ И ДВОЙКОЙ КРИВИЗНЫ.**

**ФОРМА ВАНТОВОГО ПОКРЫТИЯ И ОЧЕРТАНИЕ ПЛАНА ПЕРЕКРЫВАЕМОГО СООРУЖЕНИЯ ОПРЕДЕЛЯЮТ ГЕОМЕТРИЮ ОПОРНОГО КОНТУРА ПОКРЫТИЯ И, СЛЕДОВАТЕЛЬНО, ФОРМУ ОПОРНЫХ (ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ) КОНСТРУКЦИЙ. ЭТИ КОНСТРУКЦИИ ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ ПЛОСКИЕ ЛИБО ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ РАМЫ (СТАЛЬНЫЕ ИЛИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ) СО СТОЙКАМИ ПОСТОЯННОЙ ИЛИ ПЕРЕМЕННОЙ ВЫСОТЫ. ЭЛЕМЕНТАМИ ОПОРНОЙ КОНСТРУКЦИИ ЯВЛЯЮТСЯ РИГЕЛИ, СТОЙКИ, ПОДКОСЫ, ТРОСОВЫЕ ОТТЯЖКИ И ФУНДАМЕНТЫ. ОПОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ДОЛЖНЫ ОБЕСПЕЧИВАТЬ РАЗМЕЩЕНИЕ АНКЕРНЫХ КРЕПЛЕНИЙ ТРОСОВ (ВАНТ), ПЕРЕДАЧУ РЕАКЦИЙ ОТ УСИЛИЙ В ТРОСАХ НА ОСНОВАНИЕ СООРУЖЕНИЯ И СОЗДАНИЕ ЖЕСТКОГО ОПОРНОГО КОНТУРА ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ОГРАНИЧЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ВАНТОВОЙ СИСТЕМЫ.**

**В ПОКРЫТИЯХ С ПРЯМОУГОЛЬНЫМ ИЛИ КВАДРАТНЫМ ПЛАНом ТРОСЫ (ТРОСОВЫЕ ФЕРМЫ) ОБЫЧНО РАСПОЛОЖЕНЫ ПАРАЛЛЕЛЬНО ДРУГ ДРУГУ. ПЕРЕДАЧА РАСПОРА МОЖЕТ БЫТЬ ОСУЩЕСТВЛЕНА НЕСКОЛЬКИМИ СПОСОБАМИ:**

**– ЧЕРЕЗ ЖЕСТКИЕ БАЛКИ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ В ПЛОСКОМ ПОКРЫТИИ НА ТОРЦЕВЫЕ ДИАФРАГМЫ (СПЛОШНЫЕ СТЕНЫ ИЛИ КОНТРОФОРСЫ); ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ СТОЙКИ ВОСПРИНИМАЮТ ЛИШЬ ЧАСТЬ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ УСИЛИЙ В ТРОСАХ (ЛИСТ 33, В);**

**– ПЕРЕДАЧА РАСПОРА НА РАМЫ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ В ПЛОСКОСТИ ТРОСОВ, С ПЕРЕДАЧЕЙ УСИЛИЙ РАСПОРА НЕПОСРЕДСТВЕННО НА ЖЕСТКИЕ РАМЫ ИЛИ КОНТРОФОРСЫ, СОСТОЯЩИЕ ИЗ РАСТЯНУТЫХ ИЛИ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ (СТОЕК, ПОДКОСОВ). ВОЗНИКАЮЩИЕ В ПОДКОСАХ РАМНЫХ КОНТРОФОРСОВ БОЛЬШИЕ РАСТЯГИВАЮЩИЕ УСИЛИЯ ВОСПРИНИМАЮТСЯ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНЫХ АНКЕРНЫХ УСТРОЙСТВ В ГРУНТЕ В ВИДЕ МАССИВНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ИЛИ КОНИЧЕСКИХ (ПОЛЫХ ИЛИ СПЛОШНЫХ) ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ АНКЕРОВ (ЛИСТ 33, Б);**

**– ПЕРЕДАЧА РАСПОРА ЧЕРЕЗ ТРОСОВЫЕ ОТТЯЖКИ НАИБОЛЕЕ ЭКОНОМНЫЙ СПОСОБ ВОСПРИЯТИЯ РАСПОРА; ОТТЯЖКИ МОГУТ КРЕПИТЬСЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНЫМ СТОЙКАМ И АНКЕРНЫМ ФУНДАМЕНТАМ ИЛИ ОБЪЕДИНЯТЬСЯ ПО НЕСКОЛЬКО ОТТЯЖЕК НА ОДНУ СТОЙКУ ИЛИ ОДНО АНКЕРНОЕ УСТРОЙСТВО (ЛИСТ 33, А).**

**В КРУГОВЫХ ПОКРЫТИЯХ ТРОСЫ ИЛИ ТРОСОВЫЕ ФЕРМЫ РАСПОЛАГАЮТСЯ РАДИАЛЬНО. ПРИ ДЕЙСТВИИ НА ПОКРЫТИЕ РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКИ УСИЛИЯ ВО ВСЕХ ТРОСАХ ОДИНАКОВЫ, А НАРУЖНОЕ ОПОРНОЕ КОЛЬЦО РАВНОМЕРНО СЖАТО. В ЭТОМ СЛУЧАЕ ОТПАДАЕТ НЕОБХОДИМОСТЬ В УСТРОЙСТВЕ АНКЕРНЫХ ФУНДАМЕНТОВ. ПРИ НЕРАВНОМЕРНОЙ НАГРУЗКЕ В ОПОРНОМ КОЛЬЦЕ МОГУТ ВОЗНИКАТЬ**

**ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО УЧИТЫВАТЬ И НЕ ДОПУСКАТЬ ИЗБЫТОЧНЫХ МОМЕНТОВ.**

**ДЛЯ КРУГОВЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИМЕНЯЮТ ТРИ ОСНОВНЫХ ВАРИАНТА ОПОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ:**

- С ПЕРЕДАЧЕЙ РАСПОРА НА ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ НАРУЖНОЕ ОПОРНОЕ КОЛЬЦО (ЛИСТ 33, Г);**
- С ПЕРЕДАЧЕЙ УСИЛИЙ В ТРОСАХ НА НАКЛОННОЕ НАРУЖНОЕ КОЛЬЦО (ЛИСТ 33, Д);**
- С ПЕРЕДАЧЕЙ РАСПОРА НА НАКЛОННЫЕ КОНТУРНЫЕ АРКИ, ОПИРАЮЩИЕСЯ НА РЯД СТОЕК, КОТОРЫЕ ВОСПРИНИМАЮТ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ УСИЛИЯ ОТ ПОКРЫТИЯ (ЛИСТ 33, Е, Ж).**

**ДЛЯ ВОСПРИЯТИЯ УСИЛИЙ В АРКАХ ИХ ПЯТЫ ОПИРАЮТ НА МАССИВНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ, ЛИБО СВЯЗЫВАЮТ ЗАТЯЖКАМИ.**

**ТЕОРИЯ РАСЧЕТА ФЕРМ ИЗ ТРОСОВ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ РАЗРАБОТАНА ДОСТАТОЧНО ПОЛНО, ИМЕЮТСЯ РАБОЧИЕ ФОРМУЛЫ И ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ.**

### **3.2 ПОДВЕСНЫЕ ВАНТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ**

**В ОТЛИЧИЕ ОТ ДРУГИХ ВИДОВ ВИСЯЧИХ ПОКРЫТИЙ В ПОДВЕСНЫХ ПОКРЫТИЯХ НЕСУЩИЕ ВАНТЫ НАХОДЯТСЯ НАД ПОВЕРХНОСТЬЮ КРОВЛИ.**

**НЕСУЩУЮ СИСТЕМУ ПОДВЕСНЫХ ПОКРЫТИЙ СОСТАВЛЯЮТ ВАНТЫ С ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ИЛИ НАКЛОННЫМИ ПОДВЕСКАМИ, КОТОРЫЕ НЕСУТ ЛИБО ЛЕГКИЕ БАЛКИ, ЛИБО НЕПОСРЕДСТВЕННО ПЛИТЫ ПОКРЫТИЯ. ВАНТЫ ЗАКРЕПЛЕНЫ НА СТОЙКАХ, РАСЧАЛЕННЫХ В ПРОДОЛЬНОМ И ПОПЕРЕЧНОМ НАПРАВЛЕНИЯХ. ПОДВЕСНЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ МОГУТ ИМЕТЬ ЛЮБУЮ ГЕОМЕТРИЧЕСКУЮ ФОРМУ И ВЫПОЛНЯЮТСЯ ИЗ ЛЮБЫХ МАТЕРИАЛОВ.**

**В ПОДВЕСНЫХ ВАНТОВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ НЕСУЩИЕ СТОЙКИ МОГУТ РАСПОЛАГАТЬСЯ В ОДИН, ДВА ИЛИ НЕСКОЛЬКО РЯДОВ В ПРОДОЛЬНОМ ИЛИ ПОПЕРЕЧНОМ НАПРАВЛЕНИЯХ (ЛИСТ 34).**

**ПРИ УСТРОЙСТВЕ ПОДВЕСНЫХ ВАНТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВМЕСТО ОТТЯЖЕК МОЖНО ПРИМЕНЯТЬ КОНСОЛЬНЫЕ ВЫНОСЫ ПОКРЫТИЙ, УРАВНОВЕШИВАЮЩИХ НАТЯЖЕНИЕ В ВАНТАХ.**

**НЕСКОЛЬКО ПРИМЕРОВ ИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.**

**ПОДВЕСНОЕ ПОКРЫТИЕ С КРОВЛЕЙ ИЗ ПРОЗРАЧНОЙ ПЛАСТМАССЫ БЫЛО ПОСТРОЕНО ВПЕРВЫЕ В 1949 Г. НАД АВТОБУСНОЙ СТАНЦИЕЙ В МИЛАНЕ (ИТАЛИЯ).**

**НАКЛОННОЕ ПОКРЫТИЕ СИСТЕМОЙ ВАНТ ПОДВЕШЕНО К НАКЛОННЫМ ЖЕ НЕСУЩИМ СТОЙКАМ. РАВНОВЕСИЕ ДОСТИГАЕТСЯ СПЕЦИАЛЬНЫМИ ОТТЯЖКАМИ, ПРИКРЕПЛЕННЫМИ К КРАЯМ ПОКРЫТИЯ.**

**ПОДВЕСНОЕ ПОКРЫТИЕ НАД ОЛИМПИЙСКИМ СТАДИОНОМ В СКВО-ВЕЛЛИ (США). СТАДИОН ВМЕЩАЕТ 8000 ЗРИТЕЛЕЙ. РАЗМЕРЫ ЕГО В ПЛАНЕ**

**94,82 × 70,80 М. ПОДВЕСНОЕ ПОКРЫТИЕ ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ ВОСЕМЬ ПАР НАКЛОННЫХ КОРОБЧАТЫХ БАЛОК ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ, ПОДДЕРЖИВАЕМЫХ ВАНТАМИ. ВАНТЫ ОПИРАЮТСЯ НА 2 РЯДА СТОЕК, УСТАНОВЛЕННЫХ ЧЕРЕЗ 10,11 М. ПО БАЛКАМ УЛОЖЕНЫ ПРОГОНЫ, А ПО НИМ КОРОБЧАТОГО СЕЧЕНИЯ ПЛИТЫ ДЛИНОЙ 3,8 М. НЕСУЩИЕ ВАНТЫ – ТРОСЫ ИМЕЮТ ДИАМЕТР 57 ММ.**

**ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОДВЕСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СУЩЕСТВЕННЫМИ ВОПРОСАМИ ЯВЛЯЮТСЯ ЗАЩИТА ПОДВЕСОК ОТ КОРРОЗИИ НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ И РЕШЕНИЕ УЗЛОВ ПРОХОДА ПОДВЕСОК ЧЕРЕЗ КРОВЛЮ. ДЛЯ ЭТОГО ЦЕЛЕСООБРАЗНО ПРИМЕНЯТЬ ОЦИНКОВАННЫЕ КАНАТЫ ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ ИЛИ ПРОФИЛЬНУЮ СТАЛЬ, ДОСТУПНУЮ ДЛЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ОСМОТРА И ПОКРАСКИ ВО ИЗБЕЖАНИЕ КОРРОЗИИ.**

### **3.3 ПОКРЫТИЯ С ЖЕСТКИМИ ВАНТАМИ И МЕМБРАНЫ**

**ЖЕСТКАЯ ВАНТА ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ РЯД СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ПРОФИЛЬНОГО МЕТАЛЛА, ШАРНИРНО СОЕДИНЕННЫХ МЕЖДУ СОБОЙ И ОБРАЗУЮЩИХ ПРИ ЗАКРЕПЛЕНИИ КРАЙНИХ ТОЧЕК НА ОПОРАХ СВОБОДНО ПРОВИСАЮЩУЮ НИТЬ. СОЕДИНЕНИЕ ЖЕСТКИХ ВАНТ МЕЖДУ СОБОЙ И С ОПОРНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ НЕ**

**ТРЕБУЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СЛОЖНЫХ АНКЕРНЫХ УСТРОЙСТВ И ВЫСОКО КВАЛИФИЦИРОВАННОЙ РАБОЧЕЙ СИЛЫ.**

**ОСНОВНЫМ ДОСТОИНСТВОМ ЭТОГО ПОКРЫТИЯ ЯВИЛАСЬ ЕГО ВЫСОКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВЕТРОВОГО ОТСОСА И ФЛАТТЕРА (ИЗГИБНО-КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ) БЕЗ УСТАНОВКИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВЕТРОВЫХ СВЯЗЕЙ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ. ЭТО ДОСТИГНУТО БЛАГОДАРЯ ПРИМЕНЕНИЮ ЖЕСТКИХ ВАНТ И ПОВЫШЕНИЮ ПОСТОЯННОЙ НАГРУЗКИ НА ПОКРЫТИЕ.**

**ВИСЯЧИЕ ОБОЛОЧКИ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (СТАЛЬ, АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ, СИНТЕТИЧЕСКИЕ ТКАНИ И Т.Д.) ПРИНЯТО НАЗЫВАТЬ МЕМБРАНАМИ. МЕМБРАНЫ МОГУТ ВЫПОЛНЯТЬСЯ НА ЗАВОДЕ И ДОСТАВЛЯТЬСЯ НА СТРОЙКУ СВЕРНУТЫМИ В РУЛОНЫ. В ОДНОМ КОНСТРУКТИВНОМ ЭЛЕМЕНТЕ СОВМЕЩАЮТСЯ НЕСУЩИЕ И ОГРАЖДАЮЩИЕ ФУНКЦИИ.**

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕМБРАННЫХ ПОКРЫТИЙ ВОЗРАСТАЕТ, ЕСЛИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЖЕСТКОСТИ ВМЕСТО ТЯЖЕЛЫХ КРОВЕЛЬ И СПЕЦИАЛЬНОГО ПРИГРУЗА ПРИМЕНИТЬ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ НАТЯЖЕНИЕ.**

**СТРЕЛА ПРОВИСА МЕМБРАННЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИНИМАЕТСЯ  $1/15 \dots 1/25$  ПРОЛЕТА. ПО КОНТУРУ МЕМБРАНА ПОДВЕШИВАЕТСЯ К СТАЛЬНОМУ ИЛИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОМУ ОПОРНОМУ КОЛЬЦУ.**

**МЕМБРАНА ПРИМЕНЯЕТСЯ ПРИ ЛЮБОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЕ ПЛАНА. ДЛЯ МЕМБРАН НА ПРЯМОУГОЛЬНОМ ПЛАНЕ ПРИМЕНЯЮТ ЦИЛИНДРИЧЕСКУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ПОКРЫТИЯ, НА КРУГЛОМ ПЛАНЕ – СФЕРИЧЕСКУЮ ИЛИ КОНИЧЕСКУЮ (ПРОЛЕТ ОГРАНИЧЕН ДО 60 М).**

### **3.4 КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ**

**ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВСТРЕЧАЮТСЯ ЗДАНИЯ, В КОТОРЫХ ЦЕЛЕСООБРАЗНО ПРИМЕНИТЬ КОМБИНАЦИЮ ПРОСТОГО КОНСТРУКТИВНОГО ЭЛЕМЕНТА (НАПРИМЕР, БАЛКИ, АРКИ, ПЛИТЫ) С НАТЯНУТЫМ ТРОСОМ. НЕКОТОРЫЕ ПЛИТЫ КОМБИНИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗВЕСТНЫ ДАВНО. ЭТО ШПРЕНГЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ В КОТОРЫХ ПОЯС-БАЛКА РАБОТАЕТ НА СЖАТИЕ, А МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ СТЕРЖЕНЬ ИЛИ ТРОС ВОСПРИНИМАЕТ РАСТЯГИВАЮЩИЕ УСИЛИЯ. В БОЛЕЕ СЛОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ПОЯВИЛАСЬ ВОЗМОЖНОСТЬ УПРОСТИТЬ КОНСТРУКТИВНУЮ СХЕМУ И ЗА СЧЕТ ЭТОГО ПОЛУЧИТЬ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПО СРАВНЕНИЮ С ТРАДИЦИОННЫМИ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ. АРОЧНО-ВАНТОВАЯ ФЕРМА БЫЛА ПРИМЕНЕНА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ДВОРЦА СПОРТИВНЫХ ИГР "ЗЕНИТ" В ЛЕНИНГРАДЕ. ЗДАНИЕ В ПЛАНЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЕ РАЗМЕРАМИ  $72 \times 126$  М. НЕСУЩИЙ КАРКАС ЭТОГО ЗАЛА РЕШЕН В ВИДЕ ДЕСЯТИ ПОПЕРЕЧНЫХ РАМ С ШАГОМ 12 М И ДВУХ ТОРЦЕВЫХ ФАХВЕРКОВЫХ СТЕН. КАЖДАЯ ИЗ РАМ ВЫПОЛНЯЛАСЬ В ВИДЕ БЛОКА ИЗ ДВУХ НАКЛОННЫХ V-ОБРАЗНЫХ КОЛОНН-ПОДКОСОВ, ЧЕТЫРЕХ КОЛОНН-ОТТЯЖЕК И ДВУХ АРОЧНО-ВАНТОВЫХ ФЕРМ. ШИРИНА КАЖДОГО БЛОКА 6 М. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОЛОННЫ-ПОДКОСЫ ЗАЩЕМЛЕНЫ В ПОДОШВЕ И ШАРНИРНО ПРИМЫКАЮТ К АРОЧНО-ВАНТОВОЙ ФЕРМЕ. КОЛОННЫ-ОТТЯЖКИ ВВЕРХУ И ВНИЗУ ЗАКРЕПЛЕНЫ ШАРНИРНО. УРАВНОВЕШИВАНИЕ СИЛ РАСПОРА ПРОИСХОДИТ, В ОСНОВНОМ, В САМОМ ПОКРЫТИИ. ЭТИМ ДАННАЯ СИСТЕМА ВЫГОДНО ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ ЧИСТО ВАНТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ, КОТОРЫЕ НА ПРЯМОУГОЛЬНОМ ПЛАНЕ ТРЕБУЮТ ПОСТАНОВКИ ОТТЯЖЕК, КОНТРФОРСОВ ИЛИ ДРУГИХ СПЕЦИАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ВАНТ ОБЕСПЕЧИТ ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ СНИЖЕНИЕ МОМЕНТОВ В АРКЕ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ НЕКОТОРЫХ ВИДАХ НАГРУЗОК.**

**СЕЧЕНИЕ СТАЛЬНОЙ АРКИ ДВУТАВРОВЫЕ ВЫСОТОЙ 900 ММ. ВАНТЫ ВЫПОЛНЕНЫ ИЗ КАНАТОВ ЗАКРЫТОГО ТИПА С ЗАЛИВНЫМИ АНКЕРАМИ.**

**ЖЕЛЕЗОБЕТОННАЯ ПЛИТА, ПОДКРЕПЛЕННАЯ ШПРЕНГЕЛЯМИ, ПРИМЕНЕНА ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ДЕВЯТИ СЕКЦИЙ С РАЗМЕРАМИ В ПЛАНЕ  $12 \times 12$  М УНИВЕРСАГА В КИЕВЕ. ВЕРХНИЙ ПОЯС КАЖДОЙ ЯЧЕЙКИ СИСТЕМЫ НАБИРАЕТСЯ ИЗ ДЕВЯТИ ПЛИТ РАЗМЕРОМ  $4 \times 4$  М. НИЖНИЙ ПОЯС ВЫПОЛНЕН ИЗ ПЕРЕКРЕСТНЫХ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ. ЭТИ СТЕРЖНИ ШАРНИРНО ЗАКРЕПЛЕНЫ К ДИАГОНАЛЬНЫМ РЕБРАМ УГЛОВЫХ ПЛИТ, ЧТО**

**ПОЗВОЛЯЕТ ЗАМКНУТЬ УСИЛИЯ СИСТЕМЫ ВНУТРИ НЕЕ, ПЕРЕДАВАЯ НА КОЛОННУ ЛИШЬ ВЕРТИКАЛЬНУЮ НАГРУЗКУ.**

### **3.5 КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ДЕТАЛИ ВАНТОВЫХ ПОКРЫТИЙ**

**ПРОВОЛОЧНЫЕ ТРОСЫ (КАНАТЫ). ОСНОВНОЙ КОНСТРУКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ ВАНТОВЫХ ПОКРЫТИЙ – ИЗГОТАВЛИВАЮТСЯ ИЗ СТАЛЬНОЙ ХОЛОДНОТЯНУТОЙ ПРОВОЛОКИ ДИАМЕТРОМ 0,5 ... 6 ММ, С ПРЕДЕЛОМ ПРОЧНОСТИ ДО 220 КГ/ММ<sup>2</sup>.**

**РАЗЛИЧАЮТ НЕСКОЛЬКО ТИПОВ ТРОСОВ:**

– **СПИРАЛЬНЫЕ ТРОСЫ (ЛИСТ 35, 1, А), СОСТОЯЩИЕ ИЗ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ, НА КОТОРУЮ СПИРАЛЬНО НАВИТЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО В ЛЕВОМ И ПРАВОМ НАПРАВЛЕНИИ НЕСКОЛЬКО РЯДОВ КРУГЛЫХ ПРОВОЛОК;**

– **МНОГОПРЯДЕВЫЕ ТРОСЫ (ЛИСТ 35, РИС. 1, Б), СОСТОЯЩИЕ ИЗ СЕРДЕЧНИКА (ПЕНЬКОВОГО КАНАТА ИЛИ ПРОВОЛОЧНОЙ ПРЯДИ), НА КОТОРЫЙ НАВИТЫ ОДНОСТОРОННЕЙ ИЛИ ПЕРЕКРЕСТНОЙ КРУТКОЙ ПРОВОЛОЧНЫЕ ПРЯДИ (ПРЯДИ МОГУТ ИМЕТЬ СПИРАЛЬНУЮ СВИВКУ) В ЭТОМ СЛУЧАЕ ТРОС БУДЕТ НАЗЫВАТЬСЯ СПИРАЛЬНО-ПРЯДЕВЫМ;**

– **ЗАКРЫТЫЕ ИЛИ ПОЛУЗАКРЫТЫЕ ТРОСЫ (ЛИСТ 35, РИС. 1, В, Г), СОСТОЯЩИЕ ИЗ СЕРДЕЧНИКА (НАПРИМЕР, В ВИДЕ СПИРАЛЬНОГО ТРОСА), ВОКРУГ КОТОРОГО НАВИТЫ РЯДЫ ПРОВОЛОК ФИГУРНОГО СЕЧЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ИХ ПЛОТНОЕ ПРИЛЕГАНИЕ (ПРИ ПОЛУЗАКРЫТОМ РЕШЕНИИ ТРОС ИМЕЕТ ОДИН РЯД НАВИВКИ ИЗ КРУГЛЫХ И ФИГУРНЫХ ПРОВОЛОК);**

– **ТРОСЫ (ПУЧКИ) ИЗ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОВОЛОК (ЛИСТ 35, РИС. 1, Д), ИМЕЮЩИЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЕ ИЛИ МНОГОУГОЛЬНОЕ СЕЧЕНИЕ И СВЯЗАННЫЕ МЕЖДУ СОБОЙ ЧЕРЕЗ ОПРЕДЕЛЕННЫЕ РАССТОЯНИЯ ИЛИ ЗАКЛЮЧЕННЫЕ В ОБЩУЮ ОБОЛОЧКУ;**

– **ПЛОСКИЕ ЛЕНТОЧНЫЕ ТРОСЫ (ЛИСТ 35, РИС. 1, Е), СОСТОЯЩИЕ ИЗ РЯДА ВИТЫХ ТРОСОВ (ОБЫЧНО ЧЕТЫРЕХПРЯДЕВЫХ) С ПОПЕРЕМЕННОЙ ПРАВОЙ ИЛИ ЛЕВОЙ КРУТКОЙ, СВЯЗАННЫХ МЕЖДУ СОБОЙ ОДИНАРНОЙ ИЛИ ДВОЙНОЙ ПРОШИВКОЙ ПРОВОЛОКОЙ ИЛИ ТОНКИМИ ПРОВОЛОЧНЫМИ ПРЯДЯМИ, ТРЕБУЮТ НАДЕЖНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ. ВОЗМОЖНЫ СЛЕДУЮЩИЕ СПОСОБЫ АНТИКОРРОЗИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ТРОСОВ: ОЦИНКОВАНИЕ, ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЛИ СМАЗКИ, ПОКРЫТИЕ ПЛАСТМАССОВОЙ ОБОЛОЧКОЙ, ПОКРЫТИЕ ОБОЛОЧКОЙ ИЗ ЛИСТОВОЙ СТАЛИ С НАГНЕТЕНИЕМ В ОБОЛОЧКУ БИТУМА ИЛИ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА, ОБЕТОНИРОВАНИЕ.**

**ОКОНЧАНИЯ ТРОСОВ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ВЫПОЛНЕНЫ ТАКИМ ОБРАЗОМ, ЧТОБЫ ОБЕСПЕЧИВАТЬ ПРОЧНОСТЬ ОКОНЧАНИЯ НЕ МЕНЬШЕ ПРОЧНОСТИ ТРОСА И ПЕРЕДАЧУ УСИЛИЙ ОТ ТРОСА НА ДРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ.**

**ТРАДИЦИОННЫЙ ВИД КОНЦЕВОГО КРЕПЛЕНИЯ ТРОСОВ – ПЕТЛЯ СО СПЛЕТКОЙ (ЛИСТ 35, РИС. 2, А), КОГДА КОНЕЦ ТРОСА РАСПУСКАЕТСЯ НА ПРЯДИ, КОТОРЫЕ ВПЛЕТАЮТСЯ В ТРОС. ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАВНОМЕРНОЙ ПЕРЕДАЧИ УСИЛИЯ В СОЕДИНЕНИИ В ПЕТЛЮ ВКЛАДЫВАЮТ КОУШ. ПО ДЛИНЕ ТРОСЫ СРАЩИВАЮТ ТАКЖЕ СПЛЕТКОЙ, КРОМЕ ЗАКРЫТЫХ СОЕДИНЕНИЙ.**

**ВМЕСТО СПЛЕТКИ ДЛЯ СКРЕПЛЕНИЯ И СРАЩИВАНИЯ ТРОСОВ ЧАСТО ПРИМЕНЯЮТ ЗАЖИМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ:**

– **ЗАПРЕССОВЫВАНИЕ ОБЕИХ ВЕТВЕЙ ТРОСА ПРИ ПЕТЛЕВОМ КРЕПЛЕНИИ В ОВАЛЬНУЮ МУФТУ ИЗ ЛЕГКОГО МЕТАЛЛА, ВНУТРЕННИЕ РАЗМЕРЫ КОТОРОЙ СООТВЕТСТВУЮТ ДИАМЕТРУ ТРОСА (ЛИСТ 35, РИС. 2, Б);**

– **ВИНТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, КОГДА КОНЕЦ ТРОСА РАСПУСКАЮТ НА ПРЯДИ, КОТОРЫЕ УКЛАДЫВАЮТ ВОКРУГ СТЕРЖНЯ С ВИНТОВОЙ НАРЕЗКОЙ, А ЗАТЕМ ЗАПРЕССОВЫВАЮТ В МУФТУ ИЗ ЛЕГКОГО МЕТАЛЛА (ЛИСТ 35, РИС. 2, В);**

– **КРЕПЛЕНИЕ ПОСРЕДСТВОМ ХОМУТОВ (ЛИСТ 35, РИС. 2, Д, К), НЕ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ НАПРЯЖЕННЫХ ТРОСОВ ВАНТОВЫХ ПОКРЫТИЙ, ТАК КАК ОНИ С ТЕЧЕНИЕМ ВРЕМЕНИ ОСЛАБЕВАЮТ;**

– **КРЕПЛЕНИЕ ТРОСОВ С ЗАЛИВКОЙ МЕТАЛЛОМ (ЛИСТ 35, РИС. 2, Е, Ж), КОГДА КОНЕЦ ТРОСА РАСПЛЕТАЮТ, ОЧИЩАЮТ, ОБЕЗЖИРИВАЮТ И ПОМЕЩАЮТ В КОНИЧЕСКУЮ ВНУТРЕННЮЮ ПОЛОСТЬ СПЕЦИАЛЬНОЙ МУФТЫ-НАКОНЕЧНИКА, А ЗАТЕМ ЗАЛИВАЮТ**

**МУФТУ РАСПЛАВЛЕННЫМ СВИНЦОМ ИЛИ СПЛАВОМ СВИНЦА С ЦИНКОМ (ВОЗМОЖНА ЗАЛИВКА БЕТОНОМ);**

- **КЛИНОВЫЕ КРЕПЛЕНИЯ ТРОСОВ, РЕДКО ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ;**
- **СТЯЖНЫЕ МУФТЫ (ЛИСТ 35, РИС. 2, Г), ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ КОРРЕКТИРОВКИ ДЛИНЫ ТРОСОВ ПРИ МОНТАЖЕ И ИХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАТЯЖЕНИЯ.**

**АНКЕРНЫЕ УЗЛЫ СЛУЖАТ ДЛЯ ВОСПРИЯТИЯ УСИЛИЙ В ТРОСАХ И ПЕРЕДАЧИ ИХ НА ОПОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ. В ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ВАНТОВЫХ ПОКРЫТИЯХ ОНИ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ТАКЖЕ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАТЯЖЕНИЯ ТРОСОВ.**

**НА ЛИСТЕ 35, РИС. 2, И ПОКАЗАНА АНКЕРОВКА РАДИАЛЬНОГО ТРОСА КРУГОВОГО ВАНТОВОГО ПОКРЫТИЯ В СЖАТОМ ОПОРНОМ КОЛЬЦЕ. ЧТОБЫ ОБЕСПЕЧИТЬ СВОБОДНОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ТРОСА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УГЛА ЕГО НАКЛОНА, В ОПОРНОМ КОЛЬЦЕ И ПРИМЫКАЮЩЕЙ К НЕМУ ОБОЛОЧКЕ ПОКРЫТИЯ УСТРОЕНЫ КОНИЧЕСКИЕ ГИЛЬЗЫ, ЗАПОЛНЕННЫЕ БИТУМОМ. ЖЕСТКОЕ ОПОРНОЕ КОЛЬЦО И ГИБКАЯ ОБОЛОЧКА РАЗДЕЛЕНЫ ДЕФОРМАЦИОННЫМ ШВОМ.**

**ПОКРЫТИЯ И КРОВЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ВАНТОВОЙ СИСТЕМЫ ПРИМЕНЯЮТ ТЯЖЕЛУЮ ИЛИ ЛЕГКУЮ КОНСТРУКЦИЮ ПОКРЫТИЯ.**

**ТЯЖЕЛЫЕ ПОКРЫТИЯ ВЫПОЛНЯЮТ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА. ИХ МАССА ДОСТИГАЕТ 170 ... 200 КГ/М<sup>2</sup>, ПРИ СБОРНЫХ ПОКРЫТИЯХ ПРИМЕНЯЮТ ПЛОСКИЕ ИЛИ РЕБРИСТЫЕ ПЛИТЫ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ИЛИ ТРАПЕЦИЕВИДНОГО ОЧЕРТАНИЯ. СБОРНЫЕ ПЛИТЫ ОБЫЧНО ПОДВЕШИВАЮТ МЕЖДУ ТРОСАМИ, А ШВЫ МЕЖДУ ПЛИТАМИ ЗАМОНОЛИЧИВАЮТ.**

**ЛЕГКИЕ ПОКРЫТИЯ МАССОЙ 40 ... 60 КГ/М<sup>2</sup> ОБЫЧНО ВЫПОЛНЯЮТСЯ ИЗ КРУПНО-РАЗМЕРНЫХ СТАЛЬНЫХ ИЛИ АЛЮМИНИЕВЫХ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ЛИСТОВ, КОТОРЫЕ СЛУЖАТ ОДНОВРЕМЕННО И НЕСУЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ОГРАЖДЕНИЯ И КРОВЛЕЙ, ЕСЛИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ОТСУТСТВУЕТ ИЛИ КРЕПИТСЯ СНИЗУ. ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ПОВЕРХ ЛИСТОВ НЕОБХОДИМО УСТРОЙСТВО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО КРОВЕЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ. ЛЕГКИЕ ПОКРЫТИЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНО ВЫПОЛНЯТЬ ИЗ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ С РАЗМЕЩЕНИЕМ УТЕПЛИТЕЛЯ ВНУТРИ ПАНЕЛЕЙ.**

#### **4 ТРАНСФОРМИРУЕМЫЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ**

##### **4.1 ТРАНСФОРМИРУЕМЫЕ ПОКРЫТИЯ**

**ТРАНСФОРМИРУЕМЫЕ ПОКРЫТИЯ – ЭТО ПОКРЫТИЯ, ЛЕГКО ПОДДАЮЩИЕСЯ СБОРКЕ, ПЕРЕВОЗКЕ НА НОВОЕ МЕСТО И ДАЖЕ ПОЛНОЙ ЗАМЕНЕ КОНСТРУКЦИИ НА НОВОЕ КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ.**

**ПРИЧИНЫ РАЗВИТИЯ ТАКИХ КОНСТРУКЦИЙ В АРХИТЕКТУРЕ СОВРЕМЕННЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ МНОГООБРАЗНЫ. К НИМ ОТНОСЯТСЯ: БЫСТРОЕ МОРАЛЬНОЕ СТАРЕНИЕ ФУНКЦИЙ СООРУЖЕНИЙ, ПОЯВЛЕНИЕ НОВЫХ ЛЕГКИХ И ПРОЧНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ТЕНДЕНЦИЯ СБЛИЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ, ТАКТИЧНОЕ ВПИСЫВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ В ЛАНДШАФТ И НАКОНЕЦ РАСТУЩЕЕ ЧИСЛО ЗДАНИЙ ВРЕМЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЛИ НЕРЕГУЛЯРНОГО ПРЕБЫВАНИЯ В НИХ ЛЮДЕЙ.**

**ДЛЯ ТОГО, ЧТОБЫ СОЗДАТЬ ЛЕГКИЕ СБОРНО-РАЗБОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ПОТРЕБОВАЛОСЬ ПРЕЖДЕ ВСЕГО ОТКАЗАТЬСЯ ОТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА, АРМОЦЕМЕНТА, СТАЛИ, ДЕРЕВА И ПЕРЕЙТИ НА ЛЕГКИЕ ТКАНЕВЫЕ И ПЛЕНОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ЗАЩИЩАТЬ ПОМЕЩЕНИЯ ОТ ПОГОДНЫХ ФАКТОРОВ (ДОЖДЯ, СНЕГА, СОЛНЦА И ВЕТРА), НО ПОЧТИ НЕ РЕШАЮЩИХ КОМФОРТНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ: НАДЕЖНОСТИ ЗАЩИТЫ ОТ НЕПОГОДЫ, ДОЛГОВЕЧНОСТИ, ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ И ДР.**

**НЕСУЩИЕ ФУНКЦИИ ТРАНСФОРМИРУЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВЫПОЛНЯЮТСЯ РАЗЛИЧНЫМИ ПРИЕМАМИ. В СООТВЕТСТВИИ С ЭТИМ ИХ МОЖНО ПОДРАЗДЕЛЯТЬ НА ТРИ ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ: ТЕПЛОВЫЕ ПОКРЫТИЯ, ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ И ТРАНСФОРМИРУЕМЫЕ ЖЕСТКИЕ СИСТЕМЫ.**

##### **4.2 ТЕНТОВЫЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ**

**ТЕНТОВЫЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ ПО СУТИ СВОЕЙ МЕМБРАННЫЕ ПОКРЫТИЯ, НО ОГРАЖДАЮЩИЕ ФУНКЦИИ ВЫПОЛНЯЮТ ТКАНЕВЫЕ И ПЛЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕСУЩИЕ ФУНКЦИИ ДОПОЛНЯЮТСЯ СИСТЕМАМИ ИЗ ТРОСОВ И МАЧТ, ИЛИ КОНСТРУКЦИЯМИ ЖЕСТКИХ КАРКАСОВ. В ПНЕВМАТИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЯХ НЕСУЩАЯ ФУНКЦИЯ ВЫПОЛНЯЕТСЯ ВОЗДУХОМ ИЛИ ДРУГИМ ЛЕГКИМ ГАЗОМ. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ И ТЕНТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ОТНОСЯТСЯ К КЛАССУ МЯГКИХ ОБОЛОЧЕК И ИМ МОЖНО ПРИДАВАТЬ ЛЮБУЮ ФОРМУ. ОСОБЕННОСТЬЮ ИХ ЯВЛЯЕТСЯ СПОСОБНОСТЬ ВОСПРИНИМАТЬ ТОЛЬКО РАСТЯГИВАЮЩИЕ УСИЛИЯ.**

**ДЛЯ УСИЛЕНИЯ МЯГКИХ ОБОЛОЧЕК ПРИМЕНЯЮТ СТАЛЬНЫЕ ТРОСЫ, КОТОРЫЕ ИЗГОТАВЛИВАЮТ ИЗ КОРРОЗИОСТОЙКИХ СОРТОВ СТАЛИ ИЛИ ИЗ ОБЫЧНОЙ СТАЛИ С ПОЛИМЕРНЫМ ПОКРЫТИЕМ. ВЕСЬМА ПЕРСПЕКТИВНЫ ТРОСЫ ИЗ СИНТЕТИЧЕСКИХ И НАТУРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЯЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ МЯГКИЕ ОБОЛОЧКИ МОЖНО РАЗДЕЛИТЬ НА ДВА ОСНОВНЫХ ТИПА:**

**– ИЗОТРОПНЫЕ ОБОЛОЧКИ (ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЛИСТОВ И ФОЛЬГИ, ИЗ ПЛЕНОЧНЫХ И ЛИСТОВЫХ ПЛАСТМАСС ИЛИ РЕЗИН, ИЗ НЕОРИЕНТИРОВАННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ);**

**– АНИЗОТРОПНЫЕ ОБОЛОЧКИ (ИЗ ТКАНЕЙ И АРМИРОВАННЫХ ПЛЕНОК, ИЗ ПРОВОЛОЧНЫХ И ТРОСОВЫХ СЕТОК С ЗАПОЛНЕНИЕМ ЯЧЕЕК ПЛЕНКАМИ ИЛИ ТКАНЯМИ).**

**ПО КОНСТРУКТИВНОМУ ПРИЗНАКУ МЯГКИЕ ОБОЛОЧКИ ИМЕЮТ СЛЕДУЮЩИЕ РАЗНОВИДНОСТИ:**

**– ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ – МЯГКИЕ ЗАМКНУТЫЕ ОБОЛОЧКИ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ ВОЗДУХА (ОНИ В СВОЮ ОЧЕРЕДЬ ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ НА ПНЕВМОКАРКАСНЫЕ, ПНЕВМОПАНЕЛЬНЫЕ И ВОЗДУХООПОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ);**

**– ТЕНТОВЫЕ ПОКРЫТИЯ, ПРИ КОТОРЫХ УСТОЙЧИВОСТЬ ФОРМЫ ОБЕСПЕЧИВАЕТСЯ СООТВЕТСТВУЮЩИМ ВЫБОРОМ КРИВИЗНЫ ПОВЕРХНОСТИ (НЕСУЩИЕ ТРОСЫ ОТСУТСТВУЮТ);**

**– ВАНТОВО-ТЕНТОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ В ВИДЕ МЯГКИХ ОБОЛОЧЕК ОДИНАРНОЙ И ДВОЯКОЙ КРИВИЗНЫ, ПОДКРЕПЛЕННЫЕ ПО ВСЕЙ ПОВЕРХНОСТИ И ПО КРАЯМ СИСТЕМОЙ ТРОСОВ (ВАНТ), РАБОТАЮЩИХ СОВМЕСТНО С ТЕНТОВОЙ ОБОЛОЧКОЙ;**

**– ВАНТОВЫЕ ПОКРЫТИЯ ИМЕЮТ ОСНОВНУЮ НЕСУЩУЮ КОНСТРУКЦИЮ В ВИДЕ СИСТЕМЫ ТРОСОВ (ВАНТ) С ЛИСТОВЫМ, ТКАНЕВЫМ ИЛИ ПЛЕНОЧНЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ ЯЧЕЕК ТРОСОВОЙ СЕТКИ, ВОСПРИНИМАЮЩИМ ЛИШЬ МЕСТНЫЕ УСИЛИЯ И ВЫПОЛНЯЮЩИМ ГЛАВНЫМ ОБРАЗОМ ФУНКЦИИ ОГРАЖДЕНИЯ.**

**ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОЯВИЛИСЬ В 1946 Г. ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ НАЗЫВАЮТСЯ МЯГКИЕ ОБОЛОЧКИ, ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ КОТОРЫХ ДОСТИГАЕТСЯ БЛАГОДАРЯ НАГНЕТАЕМОМУ В НИХ ВОЗДУХУ. МАТЕРИАЛЫ, ИЗ КОТОРЫХ ОНИ ВЫПОЛНЯЮТСЯ – ВОЗДУХОНЕПРОНИЦАЕМЫЕ ТКАНИ И АРМИРОВАННЫЕ ПЛЕНКИ. ОНИ ИМЕЮТ ВЫСОКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ РАСТЯЖЕНИЮ, НО НЕ СПОСОБНЫ СОПРОТИВЛЯТЬСЯ НИКАКИМ ВИДАМ НАПРЯЖЕНИЯ.**

**НАИБОЛЕЕ ПОЛНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА ВЕДЕТ К ОБРАЗОВАНИЮ РАЗНООБРАЗНЫХ ФОРМ, НО ЛЮБАЯ ИЗ ФОРМ ДОЛЖНА БЫТЬ ПОДЧИНЕНА ОПРЕДЕЛЕННЫМ ЗАКОНАМ. НЕПРАВИЛЬНО ЗАПРОЕКТИРОВАННЫЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ ОБНАРУЖАЮТ ОШИБКУ АРХИТЕКТОРА ОБРАЗОВАНИЕМ ТРЕЩИН И СКЛАДОК, ИСКАЖАЮЩИХ ФОРМУ, ИЛИ ЖЕ ПОТЕРЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ.**

**ПОЭТОМУ ПРИ СОЗДАНИИ ФОРМ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОЧЕНЬ ВАЖНО ОСТАВАТЬСЯ В ОПРЕДЕЛЕННЫХ ГРАНИЦАХ, ВЫХОДИТЬ ЗА ПРЕДЕЛЫ КОТОРЫХ НЕ ПОЗВОЛЯЕТ САМА ПРИРОДА МЯГКИХ ОБОЛОЧЕК, НАПРЯЖЕННЫХ ВНУТРЕННИМ ДАВЛЕНИЕМ ВОЗДУХА.**

**В РАЗНЫХ СТРАНАХ, В ТОМ ЧИСЛЕ И В НАШЕЙ СТРАНЕ, ВОЗВЕДЕНЫ ДЕСЯТКИ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ. В ПРОМЫШЛЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЯЮТ ДЛЯ РАЗЛИЧНОГО РОДА СКЛАДСКИХ СООРУЖЕНИЙ, В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ВОЗВОДЯТ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИЕ ФЕРМЫ, В ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ИСПОЛЬЗУЮТ ПОД ВРЕМЕННЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ: ВЫСТАВОЧНЫЕ ЗАЛЫ, ТОРГОВЫЕ И ЗРЕЛИЩНЫЕ, СПОРТИВНЫЕ СООРУЖЕНИЯ.**

**ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ КЛАССИФИЦИРУЮТСЯ НА ВОЗДУХООПОРНЫЕ, ВОЗДУХОНЕСОМЫЕ И КОМБИНИРОВАННЫЕ.**

**ВОЗДУХООПОРНЫЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ – ЭТО СИСТЕМЫ, В КОТОРЫХ СОЗДАЕТСЯ ИЗБЫТОЧНОЕ ДАВЛЕНИЕ ВОЗДУХА В ТЫСЯЧНЫЕ ДОЛИ АТМОСФЕРЫ. ТАКОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИ НЕ ОЩУЩАЕТСЯ ЧЕЛОВЕКОМ И ПОДДЕРЖИВАЕТСЯ С ПОМОЩЬЮ ВЕНТИЛЯТОРОВ ИЛИ ВОЗДУХОДУВК НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ.**

**ЗДАНИЕ ВОЗДУХООПОРНОГО ТИПА СОСТОИТ ИЗ СЛЕДУЮЩИХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ: ГИБКОЙ ТКАНЕВОЙ ИЛИ ПЛАСТМАССОВОЙ ОБОЛОЧКИ, АНКЕРНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОДАЧИ ВОЗДУХА И ПОДДЕРЖАНИЯ ПОСТОЯННОЙ РАЗНИЦЫ ДАВЛЕНИЯ. ГЕРМЕТИЧНОСТЬ СООРУЖЕНИЯ ОБЕСПЕЧИВАЕТСЯ ВОЗДУХОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬЮ МАТЕРИАЛА ОБОЛОЧКИ И ПЛОТНЫМ СОПРЯЖЕНИЕМ С ОСНОВАНИЕМ. ВХОДНОЙ ШЛЮЗ ИМЕЕТ ДВЕ ПОПЕРЕМЕННО ОТКРЫВАЮЩИЕСЯ ДВЕРИ, ЧТО УМЕНЬШАЕТ РАСХОД ВОЗДУХА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОЛОЧКИ. ОСНОВАНИЕМ ВОЗДУХООПОРНОГО СООРУЖЕНИЯ СЛУЖИТ КОНТУРНАЯ ТРУБА ИЗ МЯГКОГО МАТЕРИАЛА, ЗАПОЛНЕННАЯ ВОДОЙ ИЛИ ПЕСКОМ, КОТОРАЯ РАСПОЛАГАЕТСЯ ПРЯМО НА ВЫРОВНЕННОЙ ПЛОЩАДКЕ. В БОЛЕЕ КАПИТАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ДЕЛАЕТСЯ СПЛОШНОЕ БЕТОННОЕ ОСНОВАНИЕ, НА КОТОРОМ УКРЕПЛЕНА ОБОЛОЧКА. ВАРИАНТЫ КРЕПЛЕНИЯ ОБОЛОЧКИ К ОСНОВАНИЮ РАЗНООБРАЗНЫ.**

**НАИБОЛЕЕ ПРОСТОЙ ФОРМОЙ СООРУЖЕНИЙ ВОЗДУХООПОРНОГО ТИПА ЯВЛЯЕТСЯ СФЕРИЧЕСКИЙ КУПОЛ, НАПРЯЖЕНИЯ В КОТОРОМ ОТ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА ВО ВСЕХ ТОЧКАХ ОДИНАКОВЫ. БОЛЬШОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОЛУЧИЛИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ СО СФЕРИЧЕСКИМИ ОКОНЧАНИЯМИ И ТОРОИДАЛЬНЫЕ ОБОЛОЧКИ. ФОРМЫ ВОЗДУХООПОРНЫХ ОБОЛОЧЕК ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ ИХ ПЛАНОМ. РАЗМЕРЫ ВОЗДУХООПОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОГРАНИЧЕНЫ ПРОЧНОСТЬЮ МАТЕРИАЛОВ. ДЛЯ ИХ УСИЛЕНИЯ ПРИМЕНЯЮТ СИСТЕМУ РАЗГРУЖАЮЩИХ КАНАТОВ ИЛИ СЕТОК, А ТАКЖЕ ВНУТРЕННИЕ ОТТЯЖКИ.**

**К ВОЗДУХОНЕСОМЫМ ОТНОСЯТСЯ ТАКИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ В КОТОРЫХ ИЗБЫТОЧНОЕ ДАВЛЕНИЕ ВОЗДУХА СОЗДАЕТСЯ В ГЕРМЕТИЧНЫХ ПОЛОСТЯХ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПНЕВМОКАРКАСОВ. ПНЕВМОКАРКАСЫ МОГУТ БЫТЬ ПРЕДСТАВЛЕНЫ В ВИДЕ АРОК ИЛИ РАМ, СОСТОЯЩИХ ИЗ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ИЛИ ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.**

**СООРУЖЕНИЯ, КАРКАСОМ КОТОРЫХ СЛУЖАТ АРКИ ИЛИ РАМЫ, ПОКРЫВАЮТСЯ ТЕНТОМ ИЛИ СОЕДИНЯЮТСЯ ТЕНТОВЫМИ ВСТАВКАМИ. ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ ПРОИЗВОДИТСЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ СООРУЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТРОСОВ ИЛИ КАНАТОВ. НЕВЫСОКАЯ НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ПНЕВМОКАРКАСА ПРИВОДИТ ИНОГДА К НЕОБХОДИМОСТИ РАССТАНОВКИ ПНЕВМОАРОК ВПЛОТНУЮ ДРУГ К ДРУГУ. ПРИ ЭТОМ СООРУЖЕНИЕ ПРИОБРЕТАЕТ НОВОЕ КАЧЕСТВО, КОТОРОЕ МОЖНО РАССМАТРИВАТЬ КАК ОСОБУЮ РАЗНОВИДНОСТЬ ВОЗДУХОНЕСОМЫХ СООРУЖЕНИЙ – ПНЕВМОПАНЕЛЬНЫЕ. ИХ ДОСТОИНСТВОМ ЯВЛЯЕТСЯ СОВМЕЩЕНИЕ НЕСУЩИХ И ОГРАЖДАЮЩИХ ФУНКЦИЙ, ВЫСОКИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА, ПОВЫШЕННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ.**

**ЕЩЕ ОДНОЙ РАЗНОВИДНОСТЬЮ ЯВЛЯЕТСЯ ПНЕВМОЛИНЗОВОЕ ПОКРЫТИЕ, ОБРАЗОВАННОЕ ДВУМЯ ОБОЛОЧКАМИ, А В ПРОСТРАНСТВО МЕЖДУ НИМИ ПОДАЕТСЯ ВОЗДУХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ.**

**НЕЛЬЗЯ НЕ СКАЗАТЬ О ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧКАХ, ВОЗВЕДЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ПНЕВМООБОЛОЧЕК. ДЛЯ ЭТОГО СВЕЖАЯ БЕТОННАЯ СМЕСЬ УКЛАДЫВАЕТСЯ НА АРМАТУРНЫЙ КАРКАС, РАСПОЛОЖЕННЫЙ НА ЗЕМЛЕ ПО ПЛЕНКЕ ПНЕВМООБОЛОЧКИ.**

**БЕТОН ЗАКРЫВАЕТСЯ СЛОЕМ ПЛЕНКИ, А В ПНЕВМООБОЛОЧКУ, РАЗЛОЖЕННУЮ НА ЗЕМЛЮ ПОДАЕТСЯ ВОЗДУХ И ОНА ВМЕСТЕ С БЕТОНОМ ПОДНИМАЕТСЯ В ПРОЕКТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ, ГДЕ БЕТОН НАБИРАЕТ ПРОЧНОСТЬ. ТАКИМ ОБРАЗОМ, МОЖНО ФОРМИРОВАТЬ КУПОЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ, ПОЛОГИЕ ОБОЛОЧКИ С ПЛОСКИМ КОНТУРОМ И ДРУГИЕ ФОРМЫ ПОКРЫТИЙ.**

**ТРАНСФОРМИРУЕМЫЕ ЖЕСТКИЕ СИСТЕМЫ. ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ИНОГДА ВОЗНИКАЕТ НЕОБХОДИМОСТЬ ПРЕДУСМОТРЕТЬ РАЗДВИЖКУ ПОКРЫТИЯ И ЗАКРЫТИЯ ЕЕ В СЛУЧАЕ НЕПОГОДЫ. ПЕРВЫМ ТАКИМ СООРУЖЕНИЕМ ЯВИЛСЯ КУПОЛ ПОКРЫТИЯ НАД СТАДИОНОМ В ПИТТСБУРГЕ (США). СТОРКИ КУПОЛА, СКОЛЬЗЯ ПО НАПРАВЛЯЮЩИМ, ЗАДВИГАЛИСЬ ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЗА**

**ДВЕ СТОРКИ, ЖЕСТКО ЗАКРЕПЛЕННЫЕ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННОМ КОЛЬЦЕ И КОНСОЛЬНО НАВИСАЮЩИЕ НАД СТАДИОНОМ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТРЕУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ.**

**В МОСКОВСКОМ АРХИТЕКТУРНОМ ИНСТИТУТЕ РАЗРАБОТАНО НЕСКОЛЬКО ВАРИАНТОВ ТРАНСФОРМИРУЕМЫХ ПОКРЫТИЙ, В ЧАСТНОСТИ СКЛАДНОЕ ПЕРЕКРЕСТНОЕ ПОКРЫТИЕ РАЗМЕРОМ В ПЛАНЕ 12 × 12 М И ВЫСОТОЙ 0,6 М ИЗ СТАЛЬНЫХ ТРУБ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ. СКЛАДНАЯ ПЕРЕКРЕСТНАЯ КОНСТРУКЦИЯ СОСТОИТ ИЗ ВЗАИМНО ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ ПЛОСКИХ РЕШЕТЧАТЫХ ФЕРМ. ФЕРМЫ ОДНОГО НАПРАВЛЕНИЯ – СКВОЗНЫЕ ЖЕСТКОГО ТИПА, ФЕРМЫ ДРУГОГО НАПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯТ ИЗ ЗВЕНЬЕВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ПРОМЕЖУТКЕ МЕЖДУ ЖЕСТКИМИ ФЕРМАМИ.**

**РАЗДВИЖНЫЕ РЕШЕТЧАТЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ РАЗРАБАТЫВАЮТСЯ ТАКЖЕ В ИНСТИТУТЕ ЦНИИПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ. ПОКРЫТИЕ РАЗМЕРАМИ 15 × 15 М ВЫСОТОЙ 2 М ЗАПРОЕКТИРОВАНО В ВИДЕ ДВУХ ПЛИТ, ОПИРАЮЩИХСЯ ПО УГЛАМ. РАЗДВИЖНАЯ РЕШЕТКА ВЫПОЛНЯЕТСЯ В ВИДЕ РАСКОСНОЙ СИСТЕМЫ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ПОПАРНО ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ СТЕРЖНЕЙ УГОЛКОВОГО ПРОФИЛЯ, ШАРНИРНО СОЕДИНЕННЫХ В ТОЧКАХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ УЗЛОВЫХ ДЕТАЛЕЙ, ШАРНИРНО ОБЪЕДИНЯЮЩИХ КОНЦЫ РАСКОСОВ. В СЛОЖЕННОМ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ПОЛОЖЕНИИ КОНСТРУКЦИЯ ИМЕЕТ РАЗМЕРЫ 1,4 × 1,4 × 2,9 М И МАССУ 2,0 Т. ПРИ ЭТОМ ЕЕ ОБЪЕМ МЕНЬШЕ ПРОЕКТНОГО В 80 РАЗ.**

**ЭЛЕМЕНТЫ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ. ВОЗДУХООПОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ВКЛЮЧАЮТ В КАЧЕСТВЕ НЕОБХОДИМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ: СОБСТВЕННО ОБОЛОЧКУ, АНКЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ СООРУЖЕНИЯ К ГРУНТУ, КРЕПЛЕНИЕ САМОЙ ОБОЛОЧКИ К ОСНОВАНИЮ, ВХОДНЫЕ ВЫЕЗДНЫЕ ШЛЮЗЫ, СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА, СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ, ОСВЕЩЕНИЯ И Т.П.**

**ОБОЛОЧКИ МОГУТ ИМЕТЬ РАЗНООБРАЗНУЮ ФОРМУ. ОТДЕЛЬНЫЕ ПОЛОСЫ ОБОЛОЧКИ СШИВАЮТСЯ ИЛИ СКЛЕИВАЮТСЯ. ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ ИМЕТЬ РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ИСПОЛЬЗУЮТ ЗАСТЕЖКИ-МОЛНИИ, ШНУРОВКИ И Т.Д.**

**АНКЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ СИСТЕМЫ, МОГУТ БЫТЬ В ВИДЕ БАЛЛАСТНЫХ ГРУЗОВ (СБОРНЫХ И МОНОЛИТНЫХ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, БАЛЛАСТНЫХ МЕШКОВ И ЕМКОСТЕЙ, ШЛАНГОВ С ВОДОЙ И Т.Д.), АНКЕРОВ (ВИНТОВЫХ АНКЕРОВ ДИАМЕТРОМ 100 ... 350 ММ, РАСПОРНЫХ И ГРЕЙФЕРНЫХ АНКЕРОВ, АНКЕРНЫХ СВАЙ И ПЛИТ) ИЛИ СТАЦИОНАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СООРУЖЕНИЯ.**

**КРЕПЛЕНИЕ ОБОЛОЧКИ К ОСНОВАНИЮ СООРУЖЕНИЯ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ЛИБО С ПОМОЩЬЮ ЗАЖИМНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЛИ АНКЕРНЫХ ПЕТЕЛЬ, ЛИБО БАЛЛАСТНЫХ МЕШКОВ И ТРОСОВ. ЖЕСТКОЕ КРЕПЛЕНИЕ ЯВЛЯЕТСЯ БОЛЕЕ НАДЕЖНЫМ, НО МЕНЕЕ ЭКОНОМИЧНЫМ.**

**ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ВОЗДУХООПОРНОГО ТИПА. ИДЕЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ "ВОЗДУШНЫХ БАЛЛОНОВ" ДЛЯ ПЕРЕКРЫТИЯ ПОМЕЩЕНИЙ БЫЛА ВЫДВИНУТА ЕЩЕ В 1917 Г. У. ЛАНЧЕСТЕРОМ. ВПЕРВЫЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ БЫЛИ ИСПОЛЬЗОВАНЫ В 1945 Г. ФИРМОЙ "БЭРДЭР" (США) ДЛЯ ПОКРЫТИЙ САМЫХ РАЗНООБРАЗНЫХ СООРУЖЕНИЙ (ВЫСТАВОЧНЫХ ЗАЛОВ, МАСТЕРСКИХ, ЗЕРНОХРАНИЛИЩ, СКЛАДОВ, ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ, ТЕПЛИЦ И Т.Д.). КРУПНЕЙШИЕ ПОЛУСФЕРИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ ЭТОЙ ФИРМЫ ИМЕЛИ ДИАМЕТР 50 ... 60 М. ПЕРВЫЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ ОТЛИЧАЛИСЬ ФОРМАМИ, ПРОДИКТОВАННЫМИ НЕ ТРЕБОВАНИЯМИ АРХИТЕКТУРНОЙ ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТИ, А СООБРАЖЕНИЯМИ ПРОСТОТЫ РАСКРОЯ ПОЛОТНИЩ.**

**ЗА ВРЕМЯ ПРОШЕДШЕЕ СО ДНЯ МОНТАЖА ПЕРВОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО КУПОЛА, ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ БЫСТРО И ШИРОКО РАСПРОСТРАНИЛИСЬ ВО ВСЕХ СТРАНАХ МИРА, ИМЕЮЩИХ РАЗВИТУЮ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ХИМИИ ПОЛИМЕРОВ.**

**ОДНАКО ТВОРЧЕСКАЯ ФАНТАЗИЯ АРХИТЕКТОРОВ, ОБРАЩАВШИХСЯ К ПНЕВМАТИЧЕСКИМ КОНСТРУКЦИЯМ, ИСКАЛА НОВЫЕ ФОРМЫ. В 1960 Г. РЯД ЮЖНОАМЕРИКАНСКИХ СТОЛИЦ ОБЪЕХАЛА ПЕРЕДВИЖНАЯ ВЫСТАВКА, РАЗМЕЩЕННАЯ ПОД ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКОЙ. ЕЕ СПРОЕКТИРОВАЛ АРХИТЕКТОР ВИКТОР ЛАНДИ, КОТОРОГО СЛЕДУЕТ СЧИТАТЬ ВСЕ-ТАКИ ПЕРВООТКРЫВАТЕЛЕМ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУ-**

**РЫ, ПОСКОЛЬКУ ОН СТАРАЛСЯ ПРИВЕСТИ ФОРМУ В СООТВЕТСТВИЕ НЕ ТОЛЬКО С ФУНКЦИЕЙ СООРУЖЕНИЯ, НО И С ОБЩИМ АРХИТЕКТУРНЫМ ЗАМЫСЛОМ. И, ДЕЙСТВИТЕЛЬНО, ЗДАНИЕ ИМЕЛО ИНТЕРЕСНУЮ ЭФФЕКТНУЮ ФОРМУ И ПРИВЛЕКЛО ВНИМАНИЕ ПОСЕТИТЕЛЕЙ (ЛИСТ 36). ДЛИНА ЗДАНИЯ 92 М, НАИБОЛЬШАЯ ШИРИНА 38 М, ВЫСОТА 16,3 М. ОБЩАЯ ПЕРЕКРЫВАЕМАЯ ПЛОЩАДЬ 2500 М<sup>2</sup>.**

**ЭТО СООРУЖЕНИЕ ИНТЕРЕСНО И ТЕМ, ЧТО ПОКРЫТИЕ ОБРАЗУЮТ ДВЕ ТКАНЕВЫЕ ОБОЛОЧКИ. ЧТОБЫ УДЕРЖАТЬ ИХ НА ПОСТОЯННОМ РАССТОЯНИИ ДРУГ ОТ ДРУГА, ИСПОЛЬЗОВАЛАСЬ ГРАДАЦИЯ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ. КАЖДАЯ ИЗ ОБОЛОЧЕК ИМЕЕТ НЕЗАВИСИМЫЕ ИСТОЧНИКИ НАГНЕТАНИЯ. ПРОСТРАНСТВО МЕЖДУ НАРУЖНОЙ И ВНУТРЕННЕЙ ОБОЛОЧКОЙ РАЗДЕЛЕНО НА ВОСЕМЬ ОТСЕКОВ ДЛЯ ТОГО, ЧТОБЫ ОБЕСПЕЧИТЬ НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ОБОЛОЧКИ В СЛУЧАЕ МЕСТНОГО ПРОРЫВА ОБОЛОЧКИ. ВОЗДУШНАЯ ПРОСЛОЙКА МЕЖДУ ОБОЛОЧКАМИ ЯВЛЯЕТСЯ ХОРОШЕЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ ОТ СОЛНЕЧНОГО ПЕРЕГРЕВА, ЧТО ПОЗВОЛИЛО ОТКАЗАТЬСЯ ОТ ОХЛАЖДАЮЩИХ УСТАНОВОК. В ТОРЦАХ ОБОЛОЧКИ УСТАНОВЛЕНЫ ЖЕСТКИЕ РАМЫ, В КОТОРЫЕ ВМОНТИРОВАНЫ ВРАЩАЮЩИЕСЯ ДВЕРИ ДЛЯ ВХОДА ПОСЕТИТЕЛЕЙ. К ДИАФРАГМАМ ПРИМЫКАЮТ ВХОДНЫЕ НАВЕСЫ В ВИДЕ ПРОЧНЫХ ВОЗДУХОНЕСОМЫХ СВОДОВ. ЭТИ СВОДЫ СЛУЖАТ ДЛЯ УСТАНОВКИ ДВУХ ВРЕМЕННЫХ ГИБКИХ ДИАФРАГМ, ОБРАЗУЮЩИХ ШЛЮЗ, КОГДА В ПАВИЛЬОН ВНОСЯТСЯ ГРОМОЗДКИЕ ЭКСПОНАТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ.**

**ФОРМА СООРУЖЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ТКАНЕВЫХ ОБОЛОЧЕК ОБЕСПЕЧИВАЮТ ВО ВНУТРЕННИХ АУДИТОРИЯХ ХОРОШИЕ АКУСТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ. ОБЩАЯ МАССА СООРУЖЕНИЯ, ВКЛЮЧАЯ ВСЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ДЕТАЛИ (ДВЕРИ, ВОЗДУХОДУВКИ, КРЕПЛЕНИЯ И Т.Д.) СОСТАВЛЯЕТ 28 ТН. ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ЗДАНИЕ ЗАНИМАЕТ ОБЪЕМ 875 М<sup>3</sup> И ПОМЕЩАЕТСЯ В ОДНОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ВАГОНЕ. ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ СООРУЖЕНИЯ ТРЕБУЕТСЯ 3–4 РАБОЧИХ ДНЯ ПРИ ЧИСЛЕ РАБОТАЮЩИХ 12. ВСЕ МОНТАЖ ПРОИЗВОДИТСЯ НА ЗЕМЛЕ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ КРАНОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ. ОБОЛОЧКА ЗАПОЛНЯЕТСЯ ВОЗДУХОМ ЗА 30 МИН И РАССЧИТАНА НА ВОСПРИЯТИЕ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ ДО 113 КМ/Ч. АВТОР ПРОЕКТА ПАВИЛЬОНА АРХИТЕКТОР**

**В. ЛАНДИ.**

**СТАНЦИЯ КОСМИЧЕСКОЙ РАДИОСВЯЗИ В РАЙСТИНГЕ (ФРГ), ВЫСТРОЕНА ПО ПРОЕКТУ ИНЖЕНЕРА У. БЭРДА (США) В 1964 Г., ИМЕЕТ МЯГКУЮ ОБОЛОЧКУ ДИАМЕТРОМ 48 М, ВЫПОЛНЕННУЮ ИЗ ДВУХСЛОЙНОЙ ТКАНИ ДАКРОН С ПОКРЫТИЕМ ИЗ ХАЙПАЛОНА. ПОЛОТНИЩА ТКАНИ В СЛОЯХ РАСПОЛОЖЕНЫ ПОД УГЛОМ 45 ГРАДУСОВ ДРУГ К ДРУГУ, ЧТО ПРИДАЕТ ОБОЛОЧКЕ НЕКОТОРУЮ ЖЕСТКОСТЬ ПРИ СДВИГЕ. ВНУТРЕННЕЕ ДАВЛЕНИЕ В ОБОЛОЧКЕ МОЖЕТ НАХОДИТЬСЯ В ПРЕДЕЛАХ 37 ...**

**150 ММ ВОДЯНОГО СТОЛБА (ЛИСТ 36).**

**ВЫСТАВОЧНЫЙ ПАВИЛЬОН ФИРМЫ ФУДЖИ НА ВСЕМИРНОЙ ВЫСТАВКЕ В ОСАКЕ (1970 Г.) СОЗДАН ПО ПРОЕКТУ АРХИТЕКТОРА МУРАТА И ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗДАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ. ПОКРЫТИЕ ПАВИЛЬОНА СОСТОИТ ИЗ 16 ВОЗДУШНЫХ РУКАВОВ-АРОК ДИАМЕТРОМ 4 М И ДЛИНОЙ 72 М КАЖДАЯ, СОЕДИНЕННЫХ ДРУГ С ДРУГОМ ЧЕРЕЗ 5,0 М. НАРУЖНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ИХ ПОКРЫТА НЕОПРЕНОВОЙ РЕЗИНОЙ. ИЗБЫТОЧНОЕ ДАВЛЕНИЕ В РУКАВАХ-АРКАХ – 0,08 ... 0,25 АТМ. МЕЖДУ КАЖДЫМИ ДВУМЯ АРКАМИ УЛОЖЕНЫ ДВА НАПРЯЖЕННЫХ СТАЛЬНЫХ ТРОСА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ВСЕГО СООРУЖЕНИЯ (ЛИСТ 37).**

**АРХИТЕКТОР В. ЛАНДИ И ИНЖЕНЕР БЭРД ЗАПРОЕКТИРОВАЛИ НЕСКОЛЬКО ПНЕВМАТИЧЕСКИХ КУПОЛОВ ДЛЯ ВСЕМИРНОЙ ВЫСТАВКИ В НЬЮ-ЙОРКЕ 1964 Г., ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ РЕСТОРАНОВ. КУПОЛА БЫЛИ СКОМПАНОВАНЫ В ВИДЕ ПИРАМИДЫ ИЛИ СФЕР. ОБОЛОЧКИ ИЗ ЯРКИХ ЦВЕТНЫХ ПЛЕНОК ИМЕЛИ ФАНТАСТИЧЕСКИ НАРЯДНЫЙ ВИД.**

**ПОКРЫТИЕ ЛЕТНЕГО ТЕАТРА В БОСТОНЕ (США) ВЫПОЛНЕННОЕ ИНЖЕНЕРОМ У. БРЕНДОМ В 1959 Г., ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ КРУГЛУЮ В ПЛАНЕ ДИСКООБРАЗНУЮ ОБОЛОЧКУ ДИАМЕТРОМ 43,5 М И ВЫСОТОЙ В ЦЕНТРЕ 6 М. В КРАЙ ОБОЛОЧКИ ЗАДЕЛАН ТРОС, КОТОРЫЙ В ОТДЕЛЬНЫХ ТОЧКАХ ПРИКРЕПЛЕН К ОПОРНОМУ КОЛЬЦУ ИЗ СТАЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ. ИЗБЫТОЧНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ДАВЛЕНИЕ ВОЗДУХА В ОБОЛОЧКЕ ПОДДЕРЖИВАЕТСЯ ДВУМЯ НЕПРЕРЫВНО РАБОТАЮЩИМИ ВОЗДУХОДУВКАМИ И СОСТАВЛЯЕТ 25 ММ ВОДНОГО СТОЛБА. МАССА КОНСТРУКЦИИ ОБОЛОЧКИ 1,22 КГ/М<sup>2</sup>. НА ЗИМУ ПОКРЫТИЕ УБИРАЕТСЯ.**

**ПАВИЛЬОН НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ВЫСТАВКЕ В ЛОЗАННЕ (ШВЕЙЦАРИЯ). АВТОР ПРОЕКТА Ф. ОТТО (ШТУТГАРТ), ФИРМА "ШТРОМЕЙЕР" (ФРГ). ПОКРЫТИЕ В ВИДЕ "ПАРУСОВ" ГИПЕРБОЛОПАРАБОЛИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ ОБОЛОЧКУ ИЗ АРМИРОВАННОЙ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНОЙ ПЛЕНКИ, УСИЛЕННОЙ СИСТЕМОЙ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ТРОСОВ, КОТОРЫЕ КРЕПЯТСЯ К АНКЕРАМ И СТАЛЬНЫМ МАЧТАМ ВЫСОТОЙ 16,5 М. ПРОЛЕТ 25 М (ЛИСТ 38, А).**

**ОТКРЫТАЯ АУДИТОРИЯ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ВЫСТАВКЕ В МАРККЛЕЕБЕРГЕ (ГДР). АВТОРЫ: ОБЪЕДИНЕНИЕ "ДЕВАГ", БАУЭР (ЛЕЙПЦИГ), РЮЛЕ (ДРЕЗДЕН). СКЛАДЧАТОЕ ПОКРЫТИЕ В ВИДЕ СИСТЕМЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ПРОВОЛОЧНЫХ ТРОСОВ ДИАМЕТРОМ 8, 10 И 15 ММ НАТЯНУТОЙ МЕЖДУ НИМИ ОБОЛОЧКИ. ПОКРЫТИЕ ПОДВЕШЕНО К 16 ГИБКИМ СТАЛЬНЫМ СТОЙКАМ И ЗАКРЕПЛЕНО ОТТЯЖКАМИ К 16 АНКЕРНЫМ БОЛТАМ. ПОКРЫТИЕ РАССЧИТАНО КАК ВАНТОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ НА ВЕТРОВОЙ НАПОР И ОТКОС РАВНЫЕ  $60 \text{ кг/м}^2$  (ЛИСТ 38)**

**ИСТОРИЯ МНОГОВЕКОВОГО РАЗВИТИЯ МИРОВОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ИСКУССТВА СВИДЕТЕЛЬСТВУЕТ О ТОЙ БОЛЬШОЙ РОЛИ, КОТОРУЮ ИГРАЮТ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ В ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ. ВО МНОГИХ ВЫДАЮЩИХСЯ ПРОИЗВЕДЕНИЯХ ЗОДЧЕСТВА ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЯВЛЯЮТСЯ НЕОТЪЕМЛЕМОЙ ЧАСТЬЮ, ОРГАНИЧЕСКИ ВПИСЫВАЮЩИХСЯ В ЕДИНОЕ ЦЕЛОЕ.**

**УСИЛИЯ УЧЕНЫХ, ПРОЕКТИРОВЩИКОВ И СТРОИТЕЛЕЙ ДОЛЖНЫ БЫТЬ НАПРАВЛЕНЫ НА СОЗДАНИЕ ТАКИХ КОНСТРУКЦИЙ, КОТОРЫЕ ОТКРЫВАЛИ БЫ ШИРОКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ РАЗЛИЧНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЗДАНИЙ, НА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ НЕ ТОЛЬКО С ИНЖЕНЕРНОЙ СТОРОНЫ, НО И С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ УЛУЧШЕНИЯ ИХ АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННЫХ КАЧЕСТВ. ВСЯ ПРОБЛЕМА ДОЛЖНА РЕШАТЬСЯ КОМПЛЕКСНО, НАЧИНАЯ С ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНЧАЯ ВОПРОСАМИ КОМПОЗИЦИИ ИНТЕРЬЕРА.**

**ЭТО ПОЗВОЛИТ АРХИТЕКТОРАМ И ИНЖЕНЕРАМ ПОДОЙТИ К РЕШЕНИЮ ГЛАВНОЙ ЗАДАЧИ – МАССОВОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ ФУНКЦИОНАЛЬНО И КОНСТРУКТИВНО ОПРАВДАНЫХ, ЭКОНОМИЧНЫХ И АРХИТЕКТУРНО-ВЫРАЗИТЕЛЬНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ САМОГО РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ДОСТОЙНЫХ СОВРЕМЕННОЙ ЭПОХИ.**

#### ЛИТЕРАТУРА

1. БАРАШКОВ Ю. КОНСТРУКЦИИ ДЕРЕВЯННЫХ КУПОЛОВ // АРХИТЕКТУРА СССР 1975. № 3. С. 43 – 47.
2. БЕСПАЛОВ В. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЯГКОЙ ОПЛУБКИ // СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА МОСКВЫ. 1972. № 2. С. 29 – 30.
3. БОРИСОВСКИЙ Г.Б. КРАСОТА И ПОЛЬЗА В АРХИТЕКТУРЕ. М.: СТРОЙИЗДАТ, 1975. 128 С.
4. ВОЛГА В.С. И ДР. АРХИТЕКТУРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ. КИЕВ: БУДИВЕЛЬНИК, ИЗД. 2-ОЕ ПЕРЕРАБ. И ДОПОЛН. 1988. 240 С.

5. ВОЛЧОК Ю.П., ИВАНОВА Е.К., КАЦНЕЛЬСОН Р.А., ЛЕБЕДЕВ Ю.С. КОНСТРУКЦИИ И ФОРМА В СОВЕТСКОЙ АРХИТЕКТУРЕ. М.: СТРОЙИЗДАТ, 1980. 264 С.
6. ГОГЕШВИЛИ А., ЯРИН Л. ЗДАНИЯ НА ОСНОВЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ // АРХИТЕКТУРА СССР. 1964. № 5. С. 41 – 45.
7. ГОХАРЬ-ХАРМАНДАРЯН И.Г. БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫЕ КУПОЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ. М.: СТРОЙИЗДАТ, 1972. 150 С.
8. ГОХАРЬ-ХАРМАНДАРЯН И.Г. ОБОЛОЧКИ ДВОЯКОЙ КРИВИЗНЫ С ПРЯМОЛИНЕЙНЫМИ ОБРАЗУЮЩИМИ // АРХИТЕКТУРА СССР. 1960. № 9 С. 40 – 44.
9. ДМИТРИЕВ Л.Г., КАСИЛОВ А.В. ВАНТОВЫЕ ПОКРЫТИЯ (РАСЧЕТЫ И КОНСТРУИРОВАНИЕ). КИЕВ: БУДИВЕЛЬНИК, 1968. 171 С.
10. ЕРМОЛОВ В. АРХИТЕКТОНИКА ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ // АРХИТЕКТУРА СССР. 1973. № 5. С. 43 – 48.
11. ЖУКОВСКИЙ Э. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ УНИФИЦИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ // СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА. 1972. № 3 С. 23 – 25.
12. ЖУКОВСКИЙ Э., КАЛИНКОВИЧ И., ЛЬВОВ Г. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ // СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА. 1970. № 1 С. 17 – 19.
13. ЗАРЕЦКАЯ С., РАТНОВСКИЙ Ю. НЕСУЩИЕ ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ В ЗАРУБЕЖНОЙ ПРАКТИКЕ // АРХИТЕКТУРА СССР. 1968. № 5. С. 56 – 58.
14. ИВАНОВА Е. СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ В СОВРЕМЕННОЙ ЗАРУБЕЖНОЙ АРХИТЕКТУРЕ // АРХИТЕКТУРА СССР. 1966. № 2. С. 51 – 58.
15. КОЛОНЕТТИ Г. ТОНКОСТЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ / ПЕР. С ИТАЛ. Н.В. КРИЦУК. М.: ГОССТРОЙИЗДАТ. 1963. 94 С.
16. КОНСТРУКЦИИ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ: УЧЕБНИК ДЛЯ ВУЗОВ / ПОД РЕД. М.С. ТУПОЛЕВА. 2-Е ИЗД., ИСПРАВЛ. И ДОП. М.: СТРОЙИЗДАТ. 1973. 236 С.
17. КОСЕНКО И.С. ВИСЯЧИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ // ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ ГОССТРОЯ СССР. М.: СТРОЙИЗДАТ, 1966. 87 С.
18. КУПАР А.К. ГИПАРЫ В АРХИТЕКТУРЕ. (КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ГЕОМЕТРИЧЕСКОМУ ПРИЗНАКУ) // СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА: ТЕЗ. I МОСКОВСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ. М.: НАУКА, 1968. С. 163 – 180.
19. ЛИПНИЦКИЙ М.Е. КУПОЛА. (РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ). М.: СТРОЙИЗДАТ, 1973. 129 С.
20. ЛОПАТТО А.Э. ПРОЛЕТЫ, МАТЕРИАЛЫ, КОНСТРУКЦИИ. М.: СТРОЙИЗДАТ. 1982. 197 С.
21. ЛЬВОВ Г., ЖУКОВСКИЙ Э. АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ С ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ // АРХИТЕКТУРА СССР. 1971. № 2. С. 35 – 43.
22. МОРОЗОВ А.П., ВАСИЛЕНКО О.П., МИРОНКОВ Б.А. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ. 2-Е ИЗД. ПЕРЕРАБ. И ДОПОЛН. / ПОД РЕД. А.П. МОРОЗОВА. М.: СТРОЙИЗДАТ, 1977. 168 С.
23. НИКОНОВ Н. ЧЕРЕЗ КОНСТРУКЦИЮ К АРХИТЕКТУРЕ // СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА МОСКВЫ. 1974. № 1. С. 16 – 18.
24. ОБРАЗЦОВ А., ДЫХОВИЧНЫЙ Н. УНИВЕРСАЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПОКРЫТИЙ БОЛЬШИХ ПРОЛЕТОВ // АРХИТЕКТУРА СССР. 1960. № 9. С. 20 – 21.
25. ОТТО ФРЕЙ, ТРОСТЕЛЬ РУДОЛЬФ. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ СООРУЖЕНИЙ ИЗ ТРОСОВ, СЕТОК И МЕМБРАН: ПЕР. С НЕМ. М.: СТРОЙИЗДАТ, 1970. 175 С.
26. ПАВЛОВ Л.Л. БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫЕ КОНСТРУКЦИИ СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ // СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА МОСКВЫ. 1975. № 2. С. 29 – 31.
27. ГУБЕНКО А.Б., ЗУБАРЕВ Г.Н. И ДР. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ // ЦЕНТР НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ СССР. М.: ГОССТРОЙИЗДАТ, 1963. 128 С.
28. ПОКРЫТИЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ / ПОД РЕД. Н.В. НИКИТИНА И К.С. НЕКРАСОВА // ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ГРАЖДАНСКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ ПРИ ГОССТРОЕ СССР ЦНИИЭП ЗРЕЛИЩНЫХ ЗДАНИЙ И СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ. М.: СТРОЙИЗДАТ, 1964. 179 С.

29. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ. (КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДЫ ВОЗВЕДЕНИЯ) / ПОД ОБЩЕЙ РЕД. Г.П. РЮЛЕ // МЕТАЛЛ, ПЛАСТМАССЫ, ДЕРЕВО, КЕРАМИКА / ПЕР. С НЕМ. С.Б. ЕРМОЛОВОЙ. М.: СТРОЙИЗДАТ, 1974. 247 С.

30. РАТУ Э., ЦЕЙТЛЕН С., МИЛОВИДОВ К. ИНДУСТРИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ. ПЕРЕКРЕСТНО-ДИАГОНАЛЬНОЕ ПОКРЫТИЕ РАЗМЕРОМ  $64 \times 64$  М // СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА МОСКВЫ. 1967. № 11. С. 15 – 19.

31. РОГОЗИНСКИЙ А., РУБИНЧИК М., ШИШКИН Р. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ СБОРНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ // АРХИТЕКТУРА СССР. 1961. № 2. С. 39 – 41.

32. САНЧЕС-АРКАС М. ОБОЛОЧКИ. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ОБОЛОЧКИ И СКЛАДКИ И ИХ ФОРМЫ. ВИСЯЧИЕ СИСТЕМЫ ПОКРЫТИЙ / ПЕР. С НЕМ. В.И. БУТЕСКУЛА. М.: СТРОЙИЗДАТ, 1964. 172 С.

33. СМУРОВ Ю.Н., ФРАНОВ П.Н., КОЗОДОН Р.М. ТИПОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ ФЕРМЫ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ ЗАЛОВ // ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО. 1975. № 5. С. 13 – 14.

34. СОБОТКА ЗДЕНЕК. ВИСЯЧИЕ ПОКРЫТИЯ / ПЕР. С ЧЕШ. В.И. АГАДЖАНОВА. М.: СТРОЙИЗДАТ, 1964. 151 С.

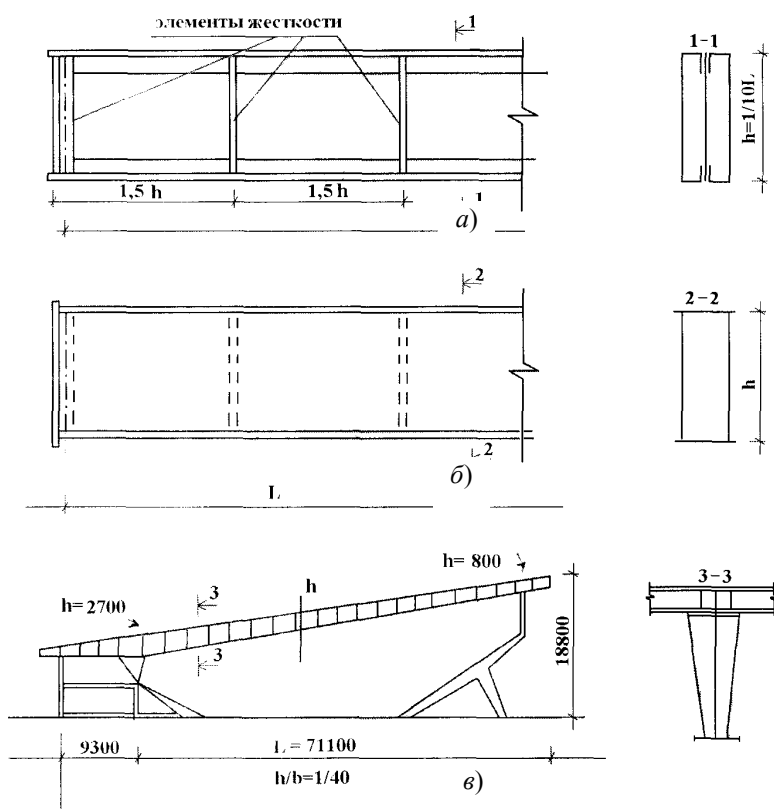
35. ТИПОВЫЕ ДЕРЕВЯННЫЕ КЛЕЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ ЗАЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ // КОНСТРУКЦИИ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ЦНИИЭП УЧЕБНЫХ ЗДАНИЙ ГОСГРАЖДАНСРОЯ ПРИ ГОССТРОЕ СССР. М.: ЦНТИ ПО ГРАЖДАНСКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ. 1974. С. 1 – 14.

36. ТУПОЛЕВ М.С. КУПОЛ В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ // АРХИТЕКТУРА СССР. 1973. № 12. С. 52 – 55.

приложение

Лист 1

### Стальные балки и формы



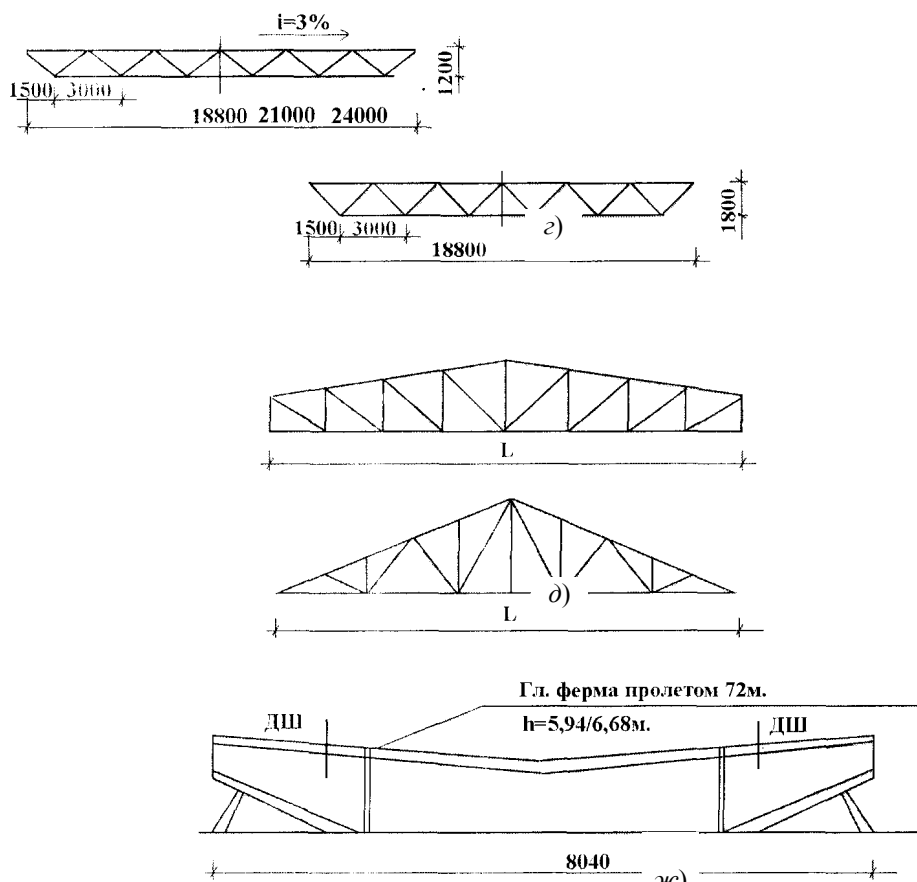
**а** – стальная балка двутаврового сечения (составная);

**б** – стальная балка коробчатого сечения (составная);

**в – искусственный закрытый каток в Жене (1958).** Покрытие имеет размеры  $80,4 \times 93,6$  м. Главные балки двутаврового сечения расположены через 10,4 м.

По главным балкам уложены алюминиевые прогоны

*Лист 1 (продолжение)*

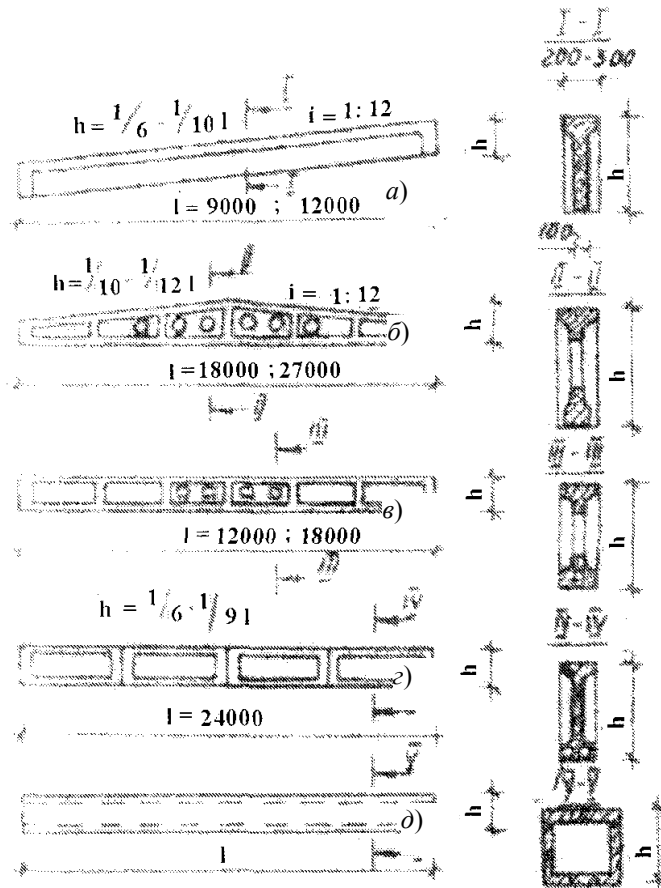


**з – схемы унифицированных горизонтальных ферм с параллельными поясами.** Разработаны ЦНИИЭП зрелищных и спортивных сооружений;

**д – схемы двускатных стальных ферм: полигональной и треугольной**

**ж – зал конгрессов в Ессене (ФРГ).** Размеры покрытия  $80,4 \times 72,0$ . Покрытие опирается на 4 решетчатых стойки. Главные фермы имеют пролет 72,01 м, второстепенные – 80,4 м с шагом 12 м

Лист 2



**а** – железобетонная односкатная балка с параллельными поясами таврового сечения;

**б** – железобетонная двухскатная балка двутаврового сечения;

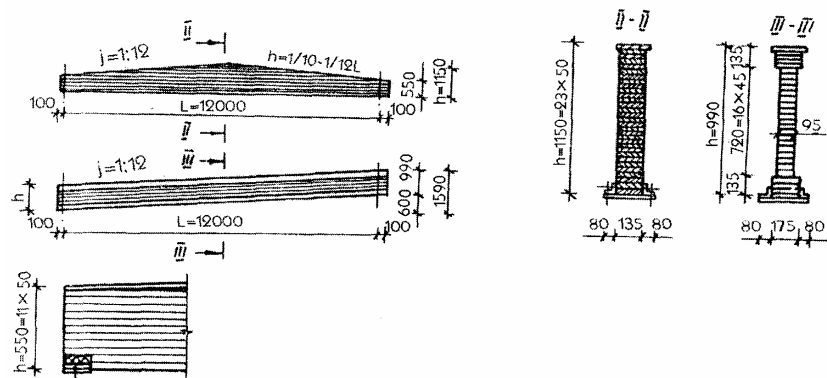
**в** – железобетонная балка горизонтальная с параллельными поясами двутаврового сечения;

**г** – составная железобетонная горизонтальная балка с параллельным и поясами таврового сечения;

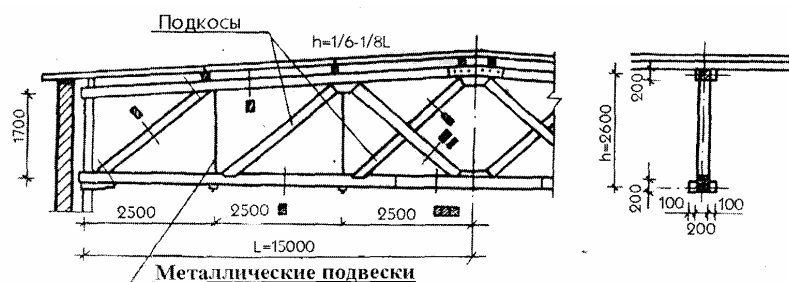
**д** – железобетонная горизонтальная балка коробчатого сечения

Лист 2 (продолжение)





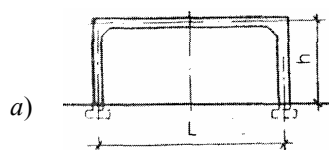
**б – деревянные клееные балки**



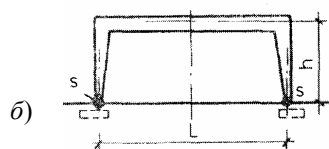
**в – деревянная ферма**

#### ЛИСТ 4

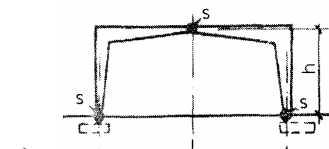
#### Рамы и арки



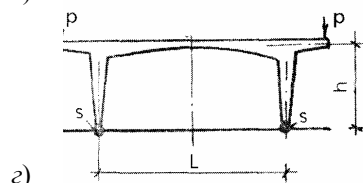
а) д)



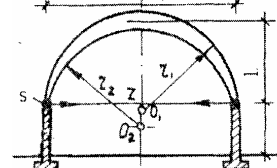
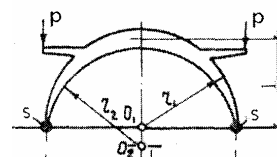
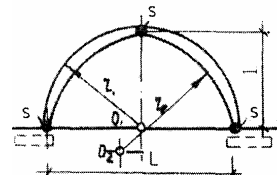
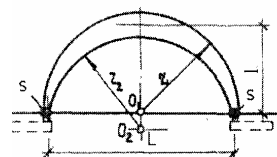
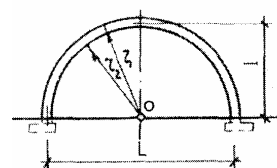
б) е)



в) ж)



г) и)



#### РАМЫ:

**а – безшарнирная; б – двухшарнирная; в – трехшарнирная;**

**г – двухшарнирная;**

#### АРКИ:

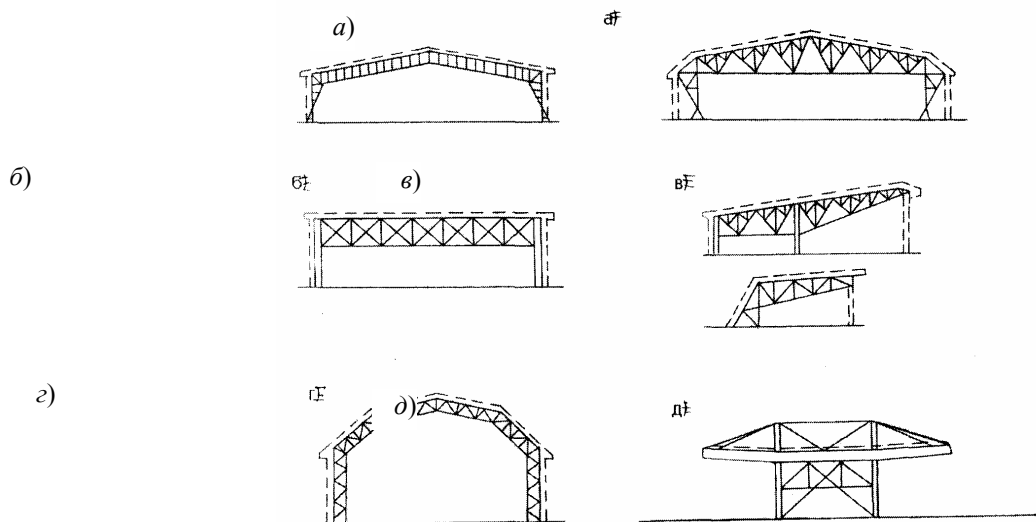
**д – бесшарнирная; е – двух шарнирная; ж – трехшарнирная;**

**и – двухшарнирная с разгружающими консолями; к – двухшарнирная с затяжкой, воспринимающей распор;**

$h$  – высота рамы;  $L$  – стрела подъема арки;  $l$  – пролет;  $r_1$  и  $r_2$  – радиусы кривизны нижней и верхней грани арки;  $O_1$  и  $O_2$  – центры кривизны; – шарниры;  $s$  – затяжка;  
 $d$  – вертикальные нагрузки на консоли

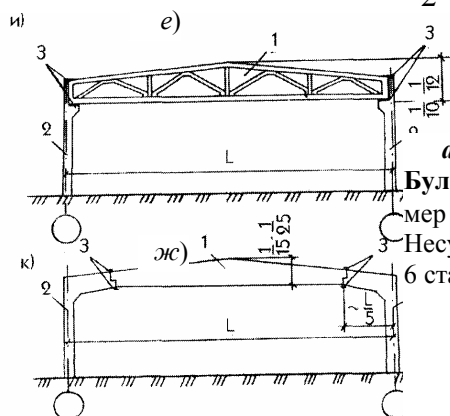
Лист 5

## 1 Основные типы металлических рам решетчатого сечения



**а** – рама с шарнирным опиранием; **б** – с гибкими стойками;  
**в** – одноконсольная; **г** – полигональная;  
**д** – двухконсольная висячая рама

## 2 Железобетонные сборные рамы



**и** – рама с жестким  
**к** – рама со стыками ригеля в  
 $L$  – ригели; 2 – стойка; 3 –  
 Лист 6  
 Стальные, железобетонные и

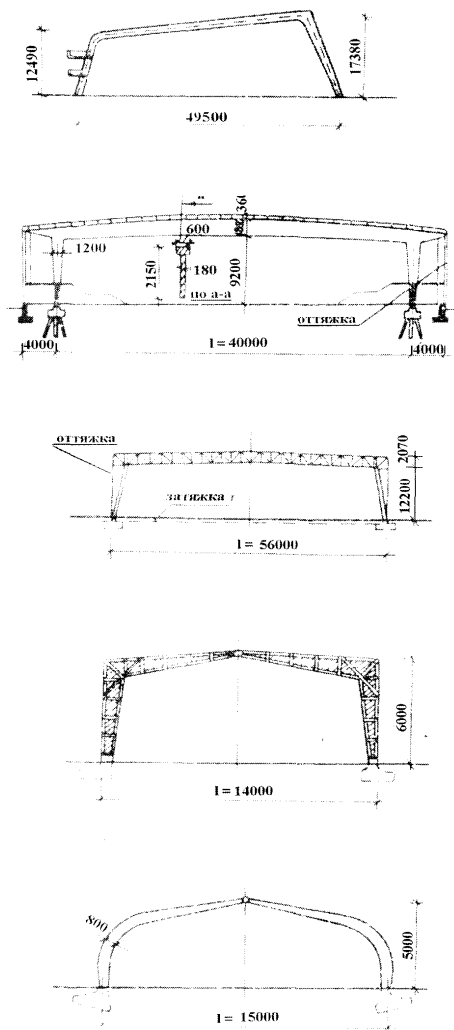
**а** – спортивный павильон в Булань-Бланкур (Париж). Размер павильона в плане  $63 \times 50$  м. Несущей конструкцией являются 6 стальных рам пролетом 49,5 м

**б** – спортивный зал в г. Ульмг (ФРГ). Зал имеет размеры  $60 \times 48$  м. Основные несущие конструкции – двухшарнирные рамы с пролетом 40 м с консольными вылетами около 4 м, выполненные из предварительно-напряженной железобетона. Оттяжки стальные

**в** – выставочный зал в Сокольниках (Москва). Зал имеет размеры  $56 \times 168$  м. Основные несущие конструкции – решетчатые металлические рамы с затяжками. Шаг рам – 11,2 м. Рамы опираются на трубчатые стойки

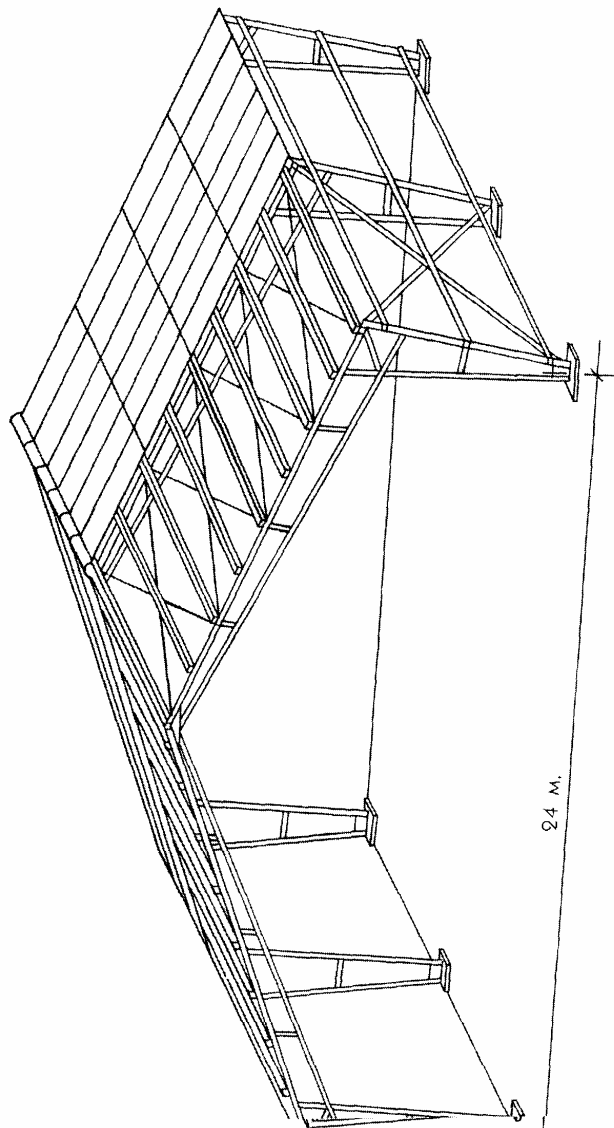
**г** – трехшарнирная деревянная рама на гвоздевых соединениях (отечественный опыт)

креплением ригеля к колонне;  
 нулевых точках:  
 сварка закладных деталей  
 деревянные рамы



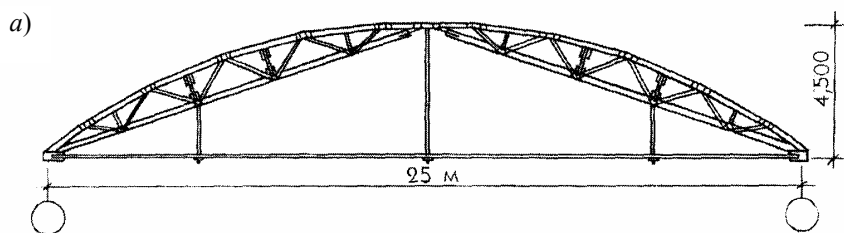
Лист 7

Каркас складского здания с деревянными клефанерными рамами



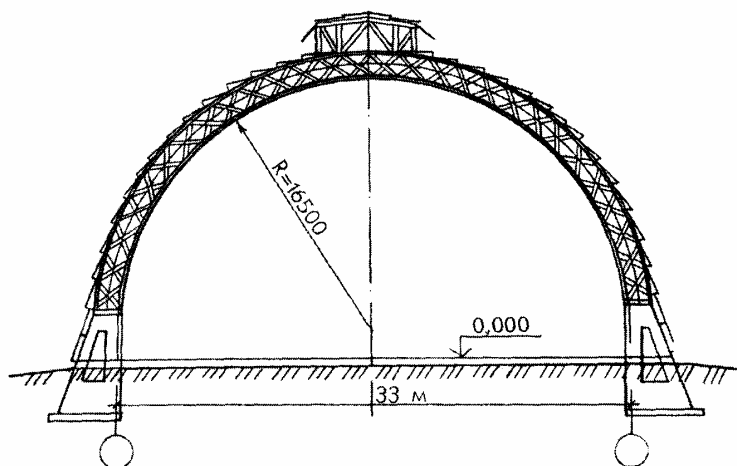
Лист 8

Деревянные арки



б)

ж)

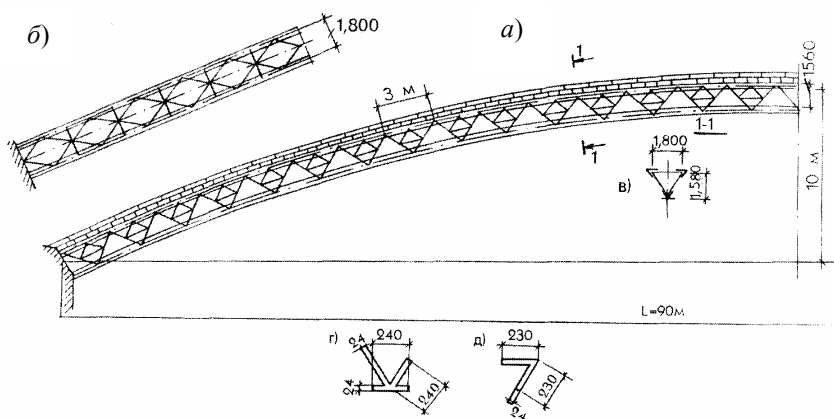


***a* – трехшарнирная деревянная арка из многоугольных ферм;**

***б* – решетчатая деревянная арка**

Лист 9

1 Безшарнирная арка пролетом 90 м из алюминиевых сплавов



***a* – общий вид арки; *б* – решетка верхнего пояса; *в* – сечение арки;**

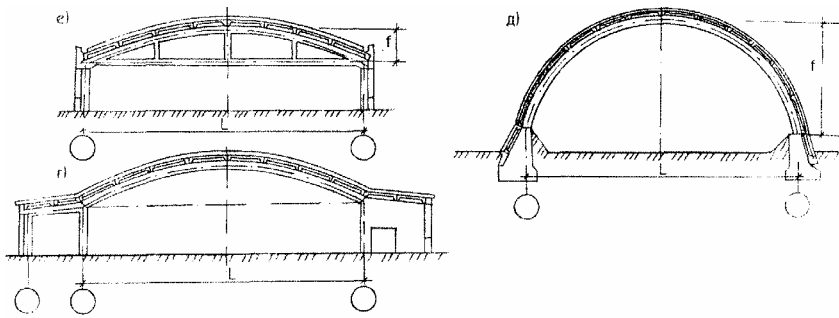
***г* – сечение нижнего пояса; *д* – сечение верхнего пояса**

## 2 Схемы арочных конструкции

*a)*

*в)*

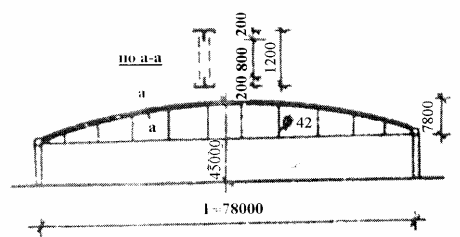
*б)*



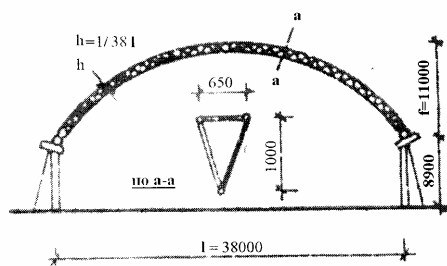
***a* – арка с затяжкой на колоннах; *б* – опирание арки на рамы; или контрфорсы; *в* – опирание арки на фундаменты**

Лист 10

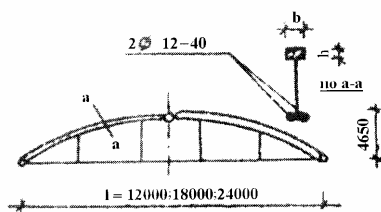
Стальные, железобетонные и деревянные арки



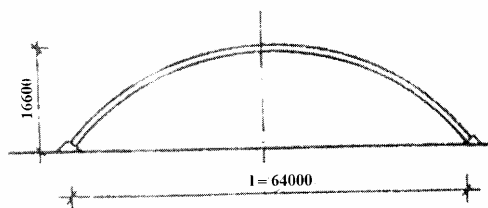
***a* – дворец спорта в Лужниках (Москва).** Перекрывается площадь зала  $78 \times 144$  м, высота 15 м. Несущие конструкции – стальные решетчатые сегментные арки (с затяжками) с параллельными поясами высотой 1200 мм, составленные из одинаковых элементов длиной по 8 м. Шаг арок 8 м



***б* – спортивный стадион в Милане (Италия).** Размеры зала  $60 \times 40$  м. Несущая конструкция – 12 трехшарнирных арок треугольного сечения из труб диаметром 67 мм (верхний пояс) и 108 мм (нижний пояс). Решетка из труб диаметром 26,75 ... 48,25. Шаг арок 4,15 м



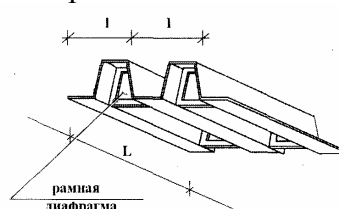
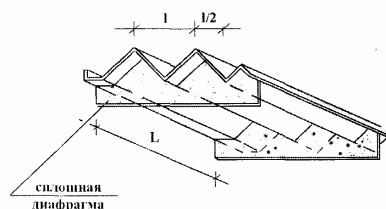
***в* – металлодеревянные трехшарнирные арки (Проектный институт № 1, Ленинград).** Арки имеют круговое очертание и пролеты 12,18 и 24 м. Сечение арок 140 – 190(б) 250 – 700(б). Стрела подъема- 1650 – 3830 мм



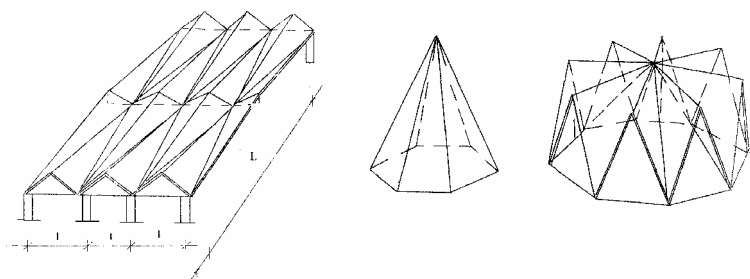
***г* – ангар близ г. Эверетт**

## ЛИСТ 11

Плоские складчатые покрытия



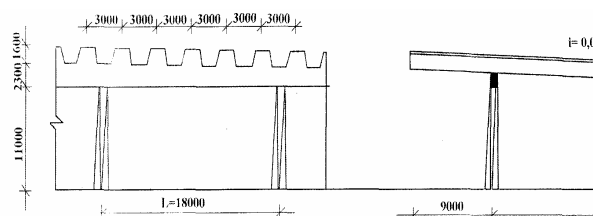
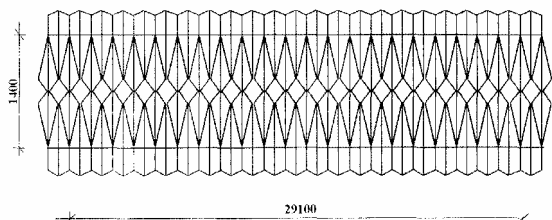
***a* – пилообразная кладка; *б* – трапециевидная складка**



**v** – складка из треугольных плоскостей; **z** – шатровые складки многогранные;  
**d** – покрытие лаборатории Американского института бетона

в Детройте (США)

**РАЗМЕРЫ  
ЗДАНИЯ –  
29,1× 1,4 М.  
ПОКРЫ-  
ТИЕ ОПИ-  
РАЕТСЯ**



**НА ДВА  
ПРО-  
ДОЛЬНЫХ  
РЯДА**

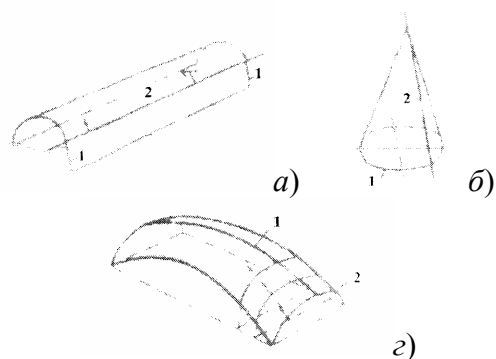
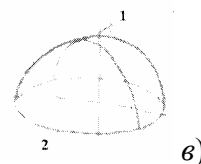
**e** – покрытие Курского вокзала в  
Лист 12

Наиболее распространенные формы обо-

**ПОПОР И  
ИМЕЕТ В  
ОБЕ СТО-  
РОНЫ ОТ  
ОПОР  
КОНСО-  
ЛИ. ТОЛ-  
ЩИНА  
ПОКРЫ-  
ТИЯ – 95  
ММ**

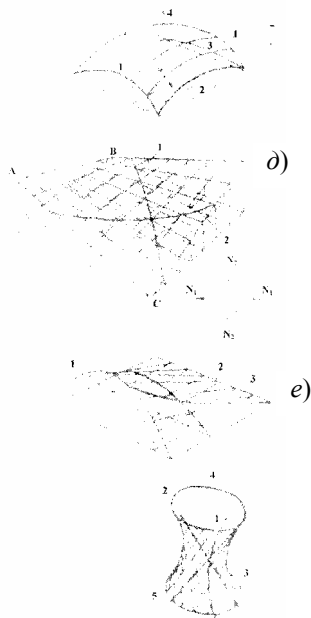
Москве (1792)

лочек



**a** – цилиндр: 1 – круг, парабола, прямая (образующая); **b** – конус: 1 – (образующая); парабола (направляющая); 2 – эллипс, (образующая); **c** – поверхность вращения (купол): 1 – ось вращения; 2 – круг, эллипс, парабола (образующая)

синусоида, эллипс (направляющие); 2 – любая кривая; 2 – прямая  
**z** – поверхность переноса: 1 – круг



**Поверхность вращения или переноса  
(сферическая оболочка):**

1, 2 – круг, парабола (образующие или направляющие); 3 – круг, парабола (образующая); 4 – ось вращения

**$\delta$  – образование оболочек двойкой кривизны одного направления:**  
гиперболический параболоид:

AB-CD, AC-BD – прямые (направляющие);

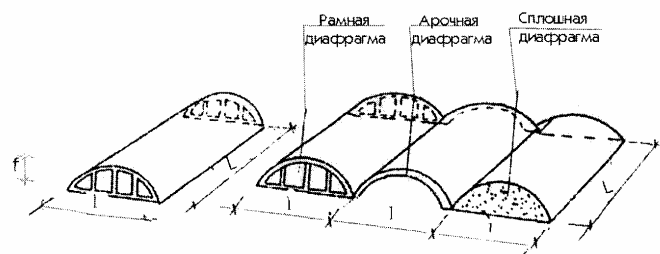
**AB-CD, AC-BD –  
ПРЯМЫЕ**

**(ОБРАЗУЮЩИЕ);**

1 – парабола (направляющая);

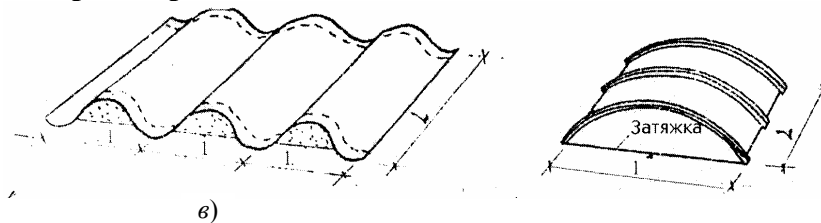
**2 – гипербола (образующая)**

ЛИСТ 13

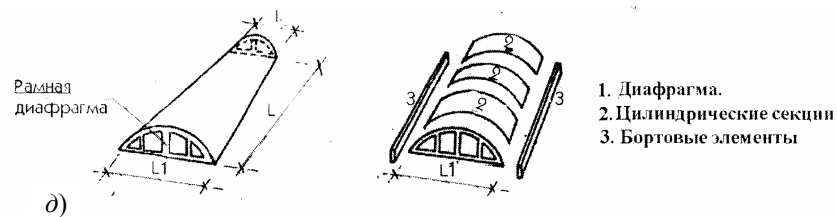


a)

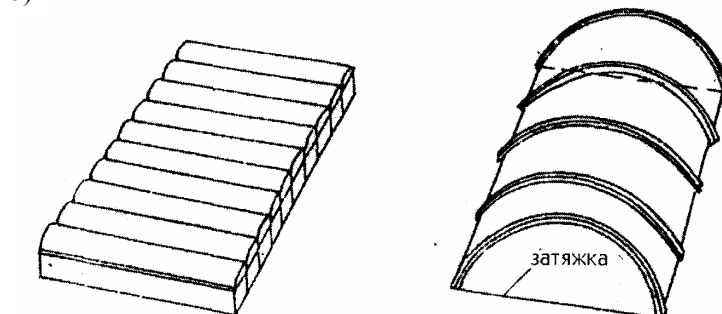
**Оболочки одинарной кривизны**



б)



г)



е)

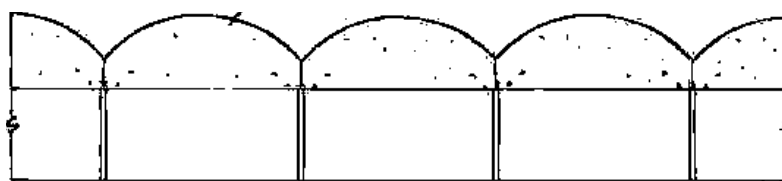
**$a$  – одноволновая и многоволновая длинные цилиндрические оболочки:**

$L > 1,5l; f > 1/7l; f > 1/10l; L > 1,5l; б$  – многоволновая синусоидная оболочка;

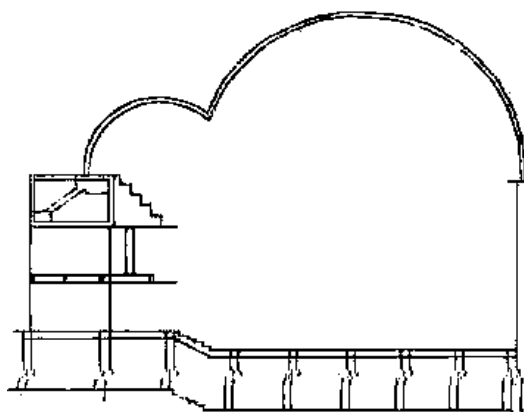
**$в$  – короткая цилиндрическая оболочка;  $г$  – коническая оболочка;  $д$  – сборная длинная цилиндрическая оболочка;  $е$  – способы применения длинных и коротких цилиндрических оболочек для перекрытия прямоугольного в плане здания**

Лист 14

# Примеры применения длинных цилиндрических оболочек, выполненных в железобетоне



а)

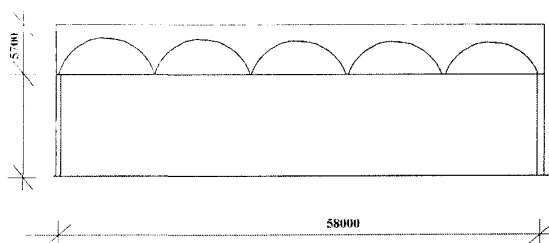


б)

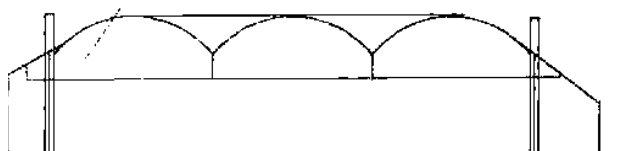
**а – гараж в Бурнемауте (Англия).** Многоволновая длинная цилиндрическая оболочка образует покрытие размером  $45 \times 90$  м. Длина оболочки 45 м, толщина – 63 мм;

**б – спортивный зал в Мадриде (1935).** Проект выполнен архитектором Зуазо инженером Торрохой. Покрытие представляет комбинацию двух длинных цилиндрических оболочек длиной 55 м, шириной 32,6 м, толщиной – 80 мм

*Лист 14 (продолжение)*



в)



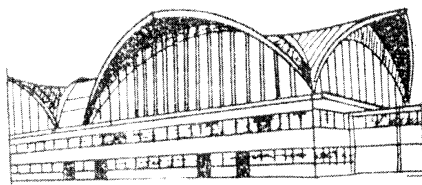
з)

**в – ангар аэродрома в Карачи (Пакистан, 1944).** Покрытие образованно длинными цилиндрическими оболочками длиной 39,6 м, шириной 10,67 м и толщиной 62,5 мм. Оболочки опираются на прогон длиной 58 м, являющемся перемычкой над воротами ангара;

**г – ангар Министерства авиации в Ан! лип (1959).** Для покрытия ангара были применены три цилиндрических оболочки, расположенные параллельно проему ворот ангара. Длина оболочек – 55 м. Глубина ангара – 32,5 м. Рандбалки, воспринимающие распор, имеют коробчатое сечение

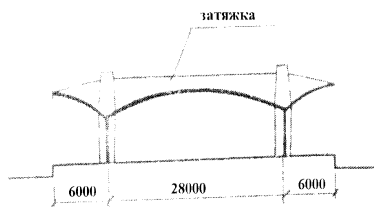
Лист 15

**Примеры применения коротких цилиндрических оболочек, выполненных в железобетоне**



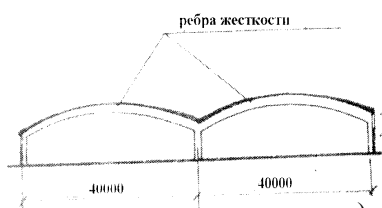
a)

**a** – здание аэропорта в Сан-Луи (США), 1950 г. Покрытие состоит из 3 самостоятельных систем коротких цилиндрических оболочек, каждая из которых образует форму крестового свода со стороны 36 м и высотой в ключе 9,75 м. Вся система опирается в четырех углах на стальные опоры;



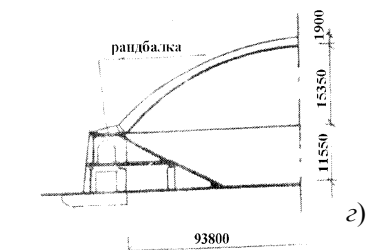
б)

**б** – таможенный зал аэродрома в Мехико (1953). Короткая цилиндрическая оболочка построена по проекту архитектора Рекамье, инженера Манделы. Средний пролет оболочки 20 м, консольные крылья по 6 м. Толщина оболочки – 40 мм;



в)

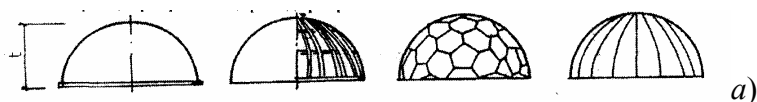
**в** – автобусный гараж в Вене (1953). Размеры гаража – 80 × 80 м. Покрытие – короткая цилиндрическая оболочка, опирающаяся на ребра жесткости. Толщина оболочки в ключе – 88 мм, на опоре 110 мм;



г)

Лист 16

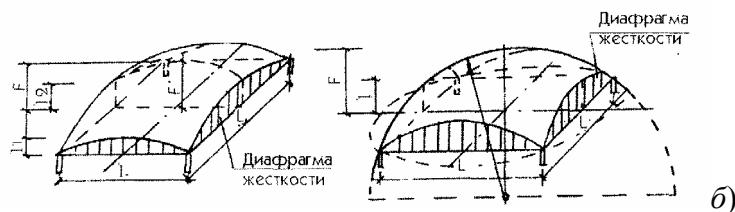
## Оболочки двойкой кривизны



a)

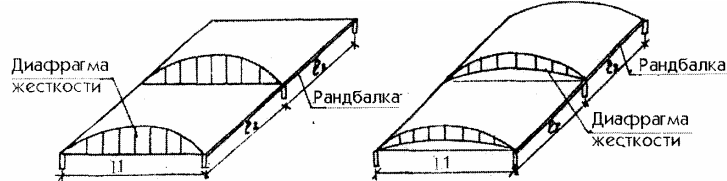
Фасад: **a** – гладкий; **б** – ребристый; **в** – многогранный; **г** – многоволный;

## КУПОЛА ОБОЛОЧКИ



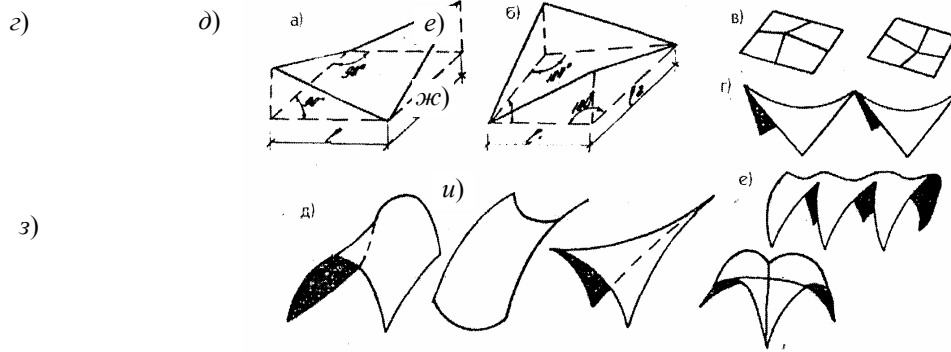
б)

## ОБОЛОЧКА С ПОВЕРХНОСТЬЮ ПЕРЕНОСА



в)

## Сферическая оболочка

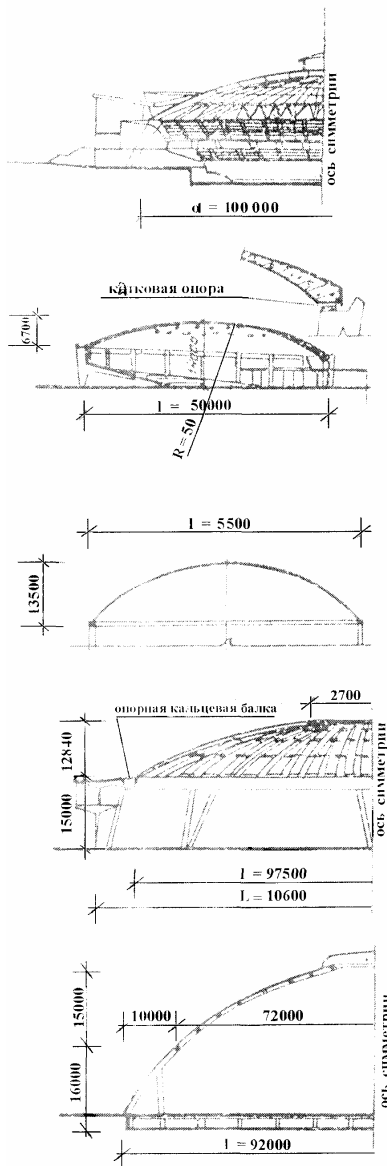


### Конусоидные оболочки в шедовых покрытиях

з – гипар с прямолинейным прямым контуром; д – гипар с прямолинейным косым контуром; е – сочетание гипаров типа з, д – с образованием плоского опорного контура; ж – сочетание гипаров з, д – с образованием пространственного контура; з – гипары с криволинейным контуром; и – сочетание гипаров с криволинейным контуром (плоским или пространственным опиранием)

Лист 17

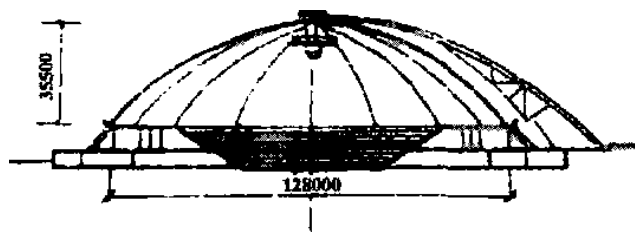
### Примеры куполов-оболочек, выполненных из железобетона



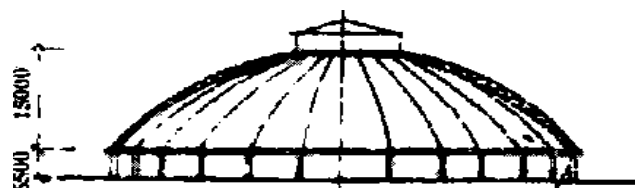
- а) а – дворец спорта в Риме (1960 г.). Инж. П.Л. Мерви. Покрытие – плоский купол диаметром 100 м, выполненный из сборных армоцементных элементов шириной 1,67 – 0,34 м, высотой 1,2–0,25 м и толщиной 40 мм, имеющих сложную пространственную форму;
- б) б – концертный зал в г. Мацуяма, Япония (1954 г.). Покрытие – купольная оболочка диаметром 50 м, выполненная из монолитного железобетона, толщина оболочки 120 – 700 мм (на опорах). Покрытие опирается на 20 железобетонных колонн;
- в) в – Театр в Новосибирске (1932 г.). Покрытие – монолитная железобетонная купольная оболочка диаметром 55,5 м, толщиной 20 мм. Опорное кольцо – 500 × 800 мм;
- г) г – выставочный павильон в Белграде (1957 г.). Покрытие – купол диаметром 97,5 м со стрелой подъема 12,84 м, выполненный из сборных железобетонных арок с тремя рядами сборных кольцевых балок. Балки опираются на центральную монолитную плиту и кольцевую балку трапециевидального сечения, воспринимающую распор и вертикальную нагрузку. Кольцевая балка – полая с диафрагмами жесткости;
- д) д – выставочный павильон в Осаке, Япония

Лист 18

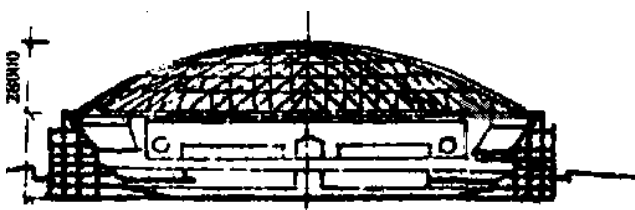
### Примеры куполов-оболочек, выполненных в металле



а)



б)



в)

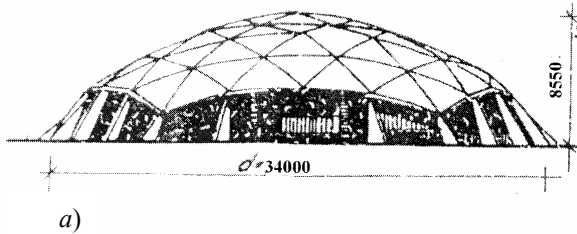
**а – публичная аудитория в Питсбурге (США).** Универсальный зал на 13 600 мест перекрыт раздвижным стальным ребристым куполом, имеющим почти круглую форму, с максимальным диаметром 128 м, стрелой подъема 33,3 м.

Покрытие состоит из 2 неподвижных секторов

**б – лабораторный корпус (СССР).** Покрытие – ребристо-кольцевой купол диаметром 75 м и высотой 15 м, выполненный из алюминиевого сплава. Ребра – трехгранные решетчатые

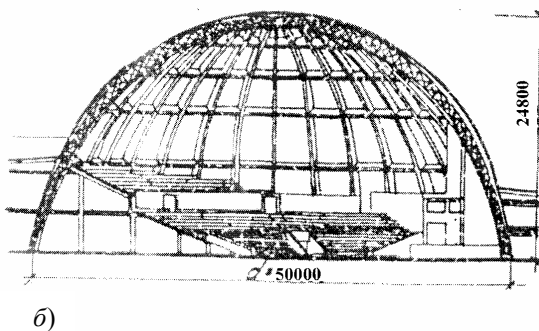
**в – крытый стадион в Хьюстоне (США).** Построен в 1965 г., диаметр купола 196 м. Конструкция купола состоит из 12 основных меридиальных ребер и 6 круговых широтных поясов в виде ферм высотой 1,5 м. Стрела подъема купола 28 м. Опорные кольца – стальные, опираются на 72 колонны

## ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КУПОЛОВ ОБОЛОЧЕК



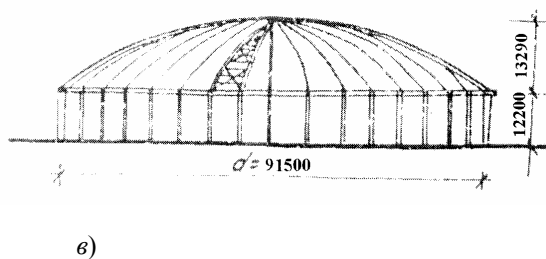
**Выставочный зал в Архангельске (проектное предложение Иарки).**

Стрела подъема деревянного купола 6,6 м. Складчатый купол из 720 граней. Несущий каркас купола состоит из брусев прямоугольного сечения 160...240 мм



**Цирк в Иваново (начало 1930-х гг.).**

Деревянный купол ребристой конструкции. Ребра представляют собой решетчатые арки

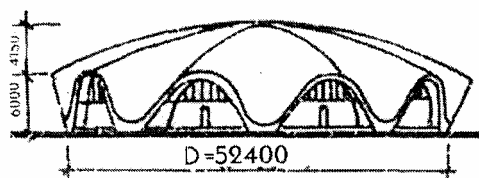


**Стадион городского Колизея в г. Бозмене, США (1956 г.).**

Покрытие – деревянный ребристый купол диаметром 915 м со стрелой подъема 15,29 м. Несущий остов купола состоит из 86 меридиональных ребер сечением 175 × 500 мм

Лист 20

### Примеры применения волнистых куполов-оболочек

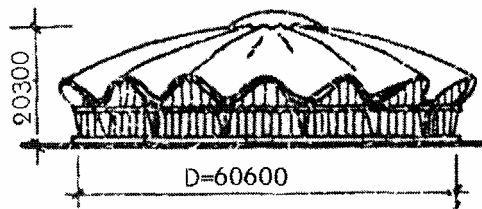


a)

**Крытый рынок в Руане, Франция (1955 г.).**

Проект выполнен архитекторами Симоном и Мориссо, инженером Сарже.

Покрытие – волнообразная сферическая железобетонная оболочка из 13 радиально расположенных синусообразных параболоидов. Нижние края волн непосредственно опираются на фундамент. Толщина оболочки 80 мм



б)

### Государственный цирк в Бухаресте (1960 г.)

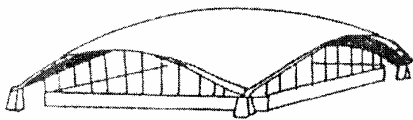
Проект выполнен институтом "Проект-Бухарест". Купольное покрытие конструктивно не связано с амфитеатром. Сегменты воли купола в радиальном и поперечном направлении имеют форму параболы.

Толщина железобетонных оболочек

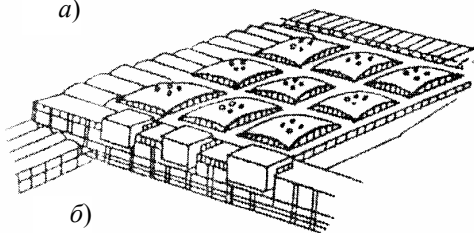
70...120 мм. Купол опирается на 16 столбов, связанных полигональным железобетонным поясом на уровне верха опор

Лист 21

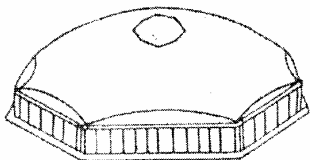
### Примеры применения оболочек переносов и сферических оболочек



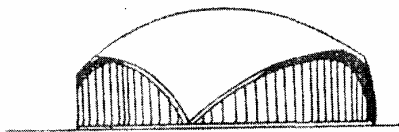
а)



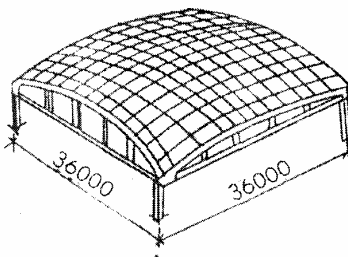
б)



в)



г)



д)

#### Торговый центр в Каноз, "Гавайские острова (1958 г.).

Сферическая оболочка с гладкой поверхностью. Здание в плане имеет размеры  $39,01 \times 39,01$  м. Оболочка опирается на 4 устоя. Толщина оболочки  $76,2 \times 254$  мм

#### Резиновая фабрика в Бринморе, Англия (1947 г.).

Покрытие фабрики выполнено с применением оболочек переноса размером  $19 \times 26$  м. Толщина оболочек 15 мм. Жесткость оболочки обеспечивается боковыми диафрагмами

#### Крытый рынок в Алхесирхсе, Испания (1935 г.).

Проект инженера Торрохи и архитектора Аркаса. Диаметр сферической восьмигранной оболочки 47,6 м. Восемь опор связаны между собой полигональными поясами

#### Зал собраний технологического института в Бостоне, США.

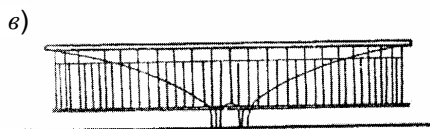
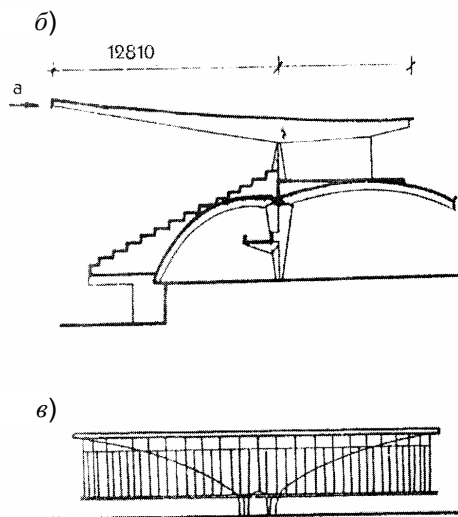
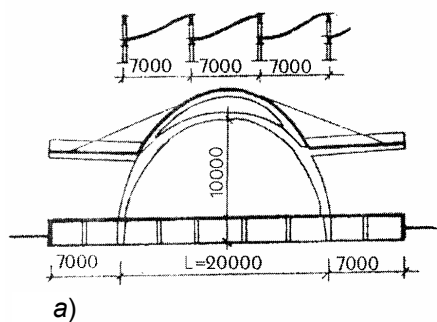
Сферическая оболочка диаметром 52 м опирается на 3 точки. Толщина оболочки  $90 \times 610$  мм. Проект архитека на

**Сбор-  
ный**

Сборная реб-  
ская оболочка  
Ленинграде

Лист 22

### Примеры применения коноидальных оболочек и гиперболоидов вращения



Приемный и складской корпус крытого рынка в Тулузе, Франция.

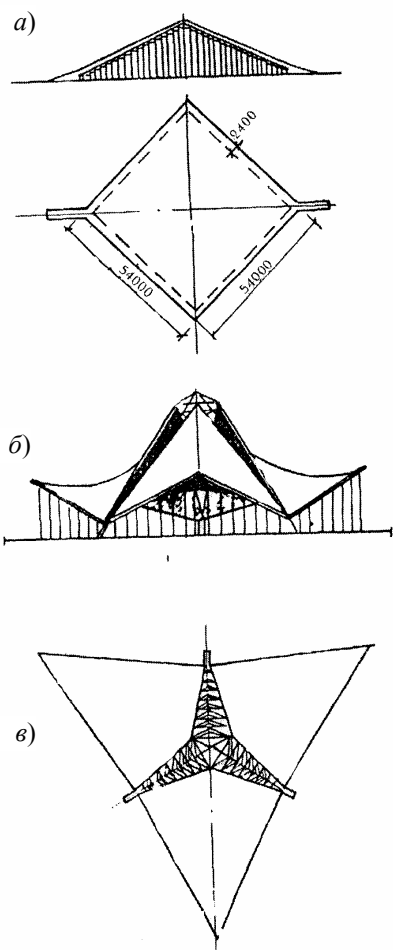
По **ПОСТРОЕН ПО**  
 ал **ПРОЕКТУ ИНЖЕ-**  
 по **НЕРА ПРАТА. ПЕ-**  
 п. **РЕКРЫТ КОНСТ-**  
 со **РУКЦИЕЙ, СО-**  
 ю **СТОЯЩЕЙ ИЗ**  
 А, **ПАРАБОЛИЧЕ-**  
 7С **СКИХ ЖЕЛЕЗО-**  
 ТП **БЕТОННЫХ**  
 ВА **АРОЧНЫХ ФЕРМ**  
 ОЛ **ПРОЛЕТОМ 20 М**  
 Н **СО СТРЕЛОЙ**  
 ОЛ **ПОДЪЕМА 10 М И**  
 ДИ **КОНОИДНЫХ**  
 КЕ **ОБОЛОЧЕК ТОЛ-**  
 чз **ЩИНОЙ 10 ММ,**  
 из **РАССТОЯНИЕ**  
 По **МЕЖДУ АРКАМИ**  
 щ **— 7 М**  
 утс

Лист 23  
 ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Таблица 1. Примеры применения

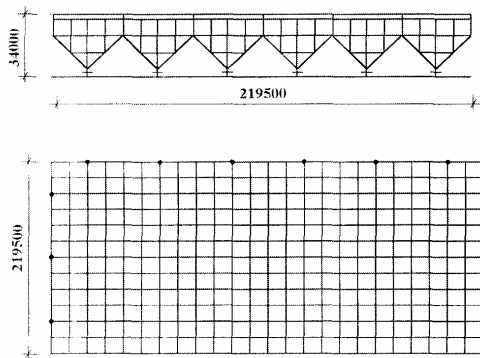


ГИПАРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ



**Парковый ресторан в Мехико.**  
Проект инженеров Канделы и Ордоньца

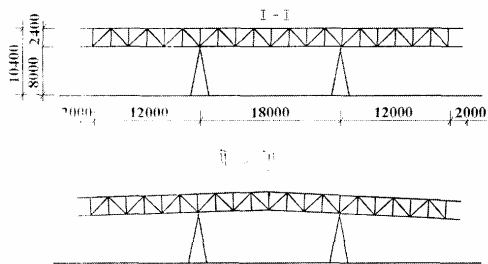
**Перекрестно-ребристые покрытия, выполненные в металле**



а) ось симметрии

### Зал конгрессов в Чикаго (1945 г.).

Архитектор Мис Ван дер Роэ. Квадратный зал  $219,5 \times 219,5$  перекрывается перекрестной системой, образованной пересекающимися под прямым углом фермами с параллельными поясами. Вся система опирается на 24 опоры. Высота ферм 9,1 м, шаг 9,1 м

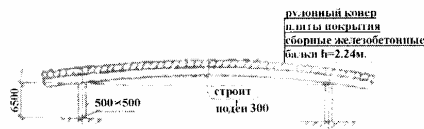


б) ось симметрии

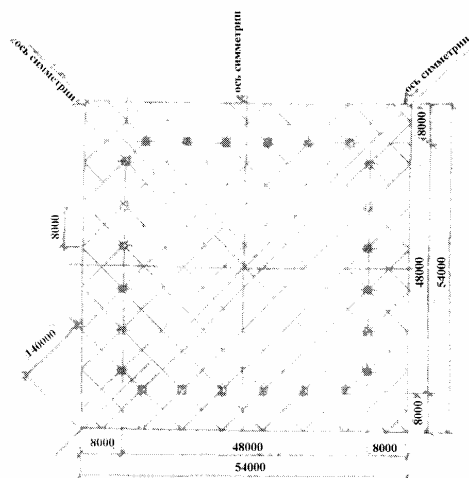
### Выставочный павильон в Сокольниках, Москва (1960 г.).

Павильон, размером  $46 \times 46$  м перекрывается перекрестной системой из алюминиевых ферм, опирающихся на 8 колонн. Шаг ферм – 6 м, высота ферм – 2,4 м. Кровля из алюминиевых панелей длиной 6 м. Расход алюминия –  $32 \text{ кг/м}^2$

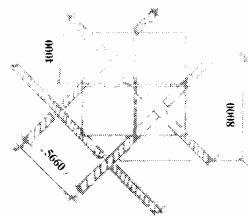
### Схема перекрестно-диагонального покрытия из железобетонных балок



а)



б)



в)

**Данная конструкция разработана ЦНИИЭП жилища и ВНИИ железобетона.**

Авторы: А. Образцов, М. Контридзе, Б. Антонов, Э. Ратц, С. Цейтлин, К. Миловидов, М. Штаерман

Сборные балки покрытия выполнены из железобетона высотой 2,24 м и длиной 11,32 м

Строительный подъем всей конструкции покрытия – 300 мм

На разрезе для наглядности он показан не в масштабе

**Типы однопоясных стержневых решеток с:**

- 1 – двумя направлениями стержней;
- 2 – тремя направлениями стержней

**а – разрез; б – план; в – фрагмент**

*Лист 26*

**раскладки балок и щитов покрытия**

**СТЕРЖНЕВЫЕ КОНСТРУКЦИИ**

**ИЗ МЕТАЛЛА**

**Типы двупоясных структур с:**

- 3, 4 – двумя направлениями стержней; 5 – тремя направлениями стержней;
- 6 – четырьмя направлениями стержней

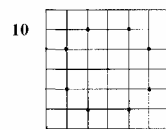
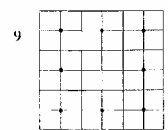
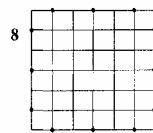
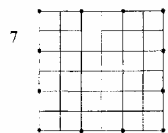
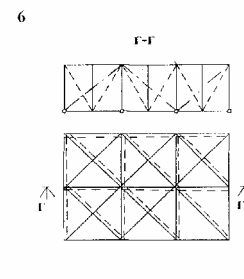
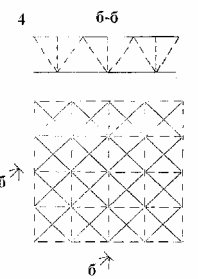
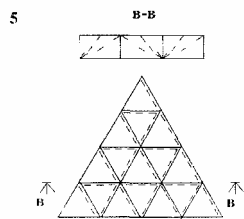
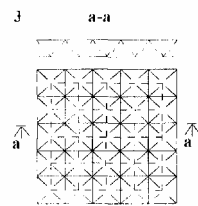
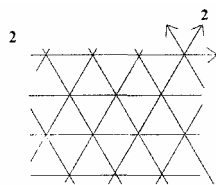
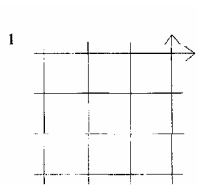
**Условные обозначения:**

- стержни верхнего пояса.
- стержни нижнего пояса.
- - - - - стержни.

**Схемы опирания:**

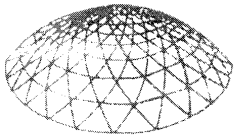
- 7, 8 – по контуру;
- 9, 10 – с разгружающими консолями

**ЭФФЕКТ**



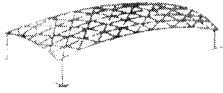
## СХЕМЫ ОДНОСЛОЙНЫХ СЕТЧАТЫХ ОБОЛОЧЕК

а)



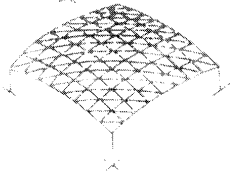
Сферическая оболочка

б)



Поверхность переноса

в)



Сферическая (парусная) оболочка

г)



Цилиндрическая оболочка

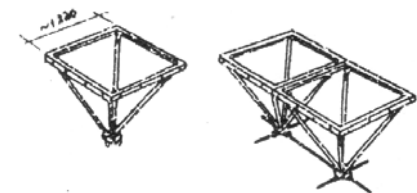
д)



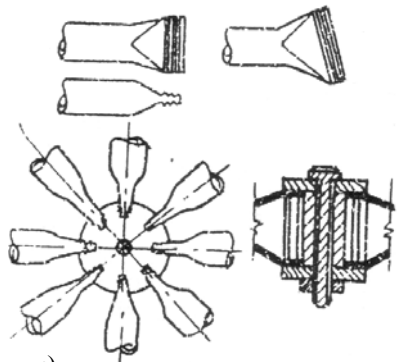
Гиперболический параболоид

Лист 28

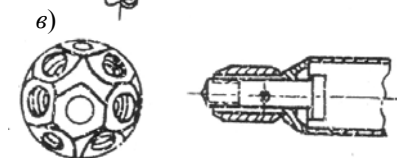
Некоторые виды узловых соединений в стержневых конструкциях



**"Space-Deck-System" – узловое соединение**, позволяющее легко транспортировать и монтировать конструкции. При длине стержней около 1220 мм возможно перекрывать площади размером до  $30,5 \times 42,6$  м. Соединение пирамид производится при помощи болтов



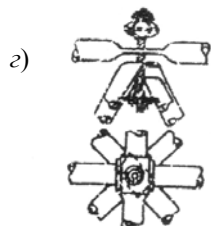
**Узловое соединение "TrioDetic-System" (S. Fentiman & Sons)**



**Узловое соединение системы "Meko".**

Соединение стержней производится с помощью стальных элементов с просверленными и нарезанными отверстиями.

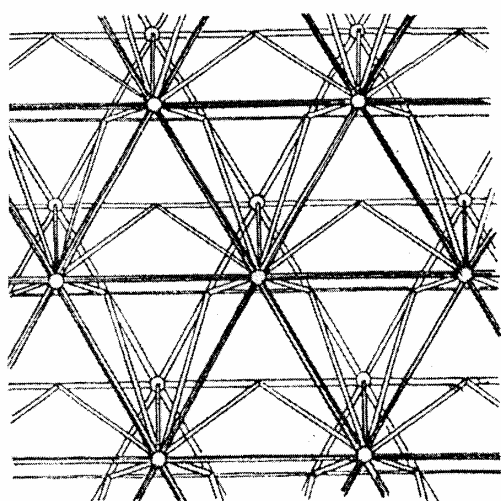
В торцы трубчатых элементов закладываются болты, заключенные в шестигранные муфты. Путем вращения муфты болт ввертывается в отверстие шарового элемента



**Узловое соединение конструк-**

Лист 29

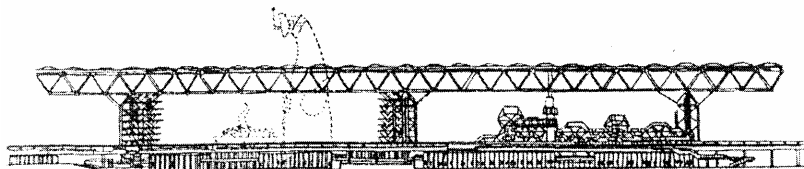
## Виды структурных плит, применяемых в строительстве



a)

**Стержневая система "Minangoy-Poley"**

применена в покрытии бассейна в Булони архитектора Маиар, Дюкан, Сольбано, Тома). Размеры покрытия  $47 \times 47$  м. Это система SDC. Здесь использованы стальные трубы диаметром 60 ... 90 мм



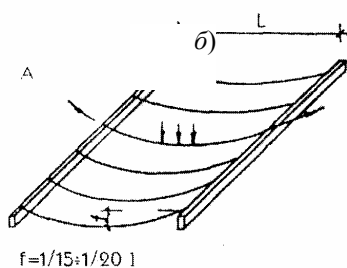
б)

**Площадь фестивалей на международной выставке в Осаке. Архитектор К. Танге.**

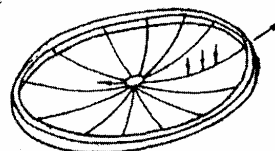
Покрытие – стержневая (структурная) плита размером  $108 \times 291,6$  м. Высота конструкции -10,8 м. Ограждающая конструкция покрытия – прозрачная полиэфирная пленка. Все покрытие опирается на 6 опор; расстояние между ними 108 м в продольном направлении, 75,6 м в поперечном. Структура состоит из стержней двух типов. Первые (наружный диаметр 500 мм.) образуют модульную сетку  $10,8 \times 10,8$  м, а вторые (350 мм) являются диагональными стержнями

Лист 30

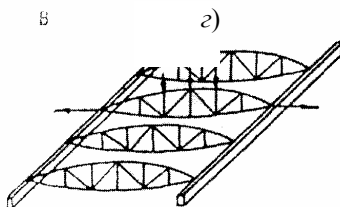
а)



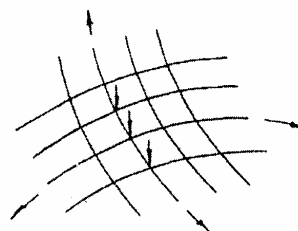
б



в)

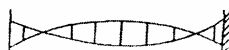
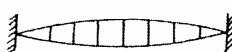
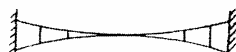
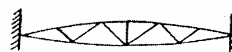
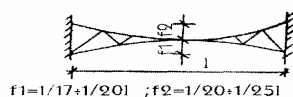


г



**Рис. 1 Основные типы вантовых систем:**

а, б – одиночная тросов; в – двухпоясная (тросовая ферма);  
г – перекрестная (тросовая сетка)



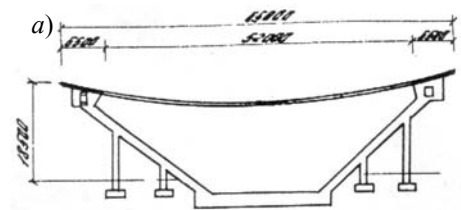
**РИС. 2 ВИДЫ ТРОСОВЫХ ФЕРМ ВАНТОВЫХ СИСТЕМ**

Лист 31

Примеры вантовых покрытий одинарной кривизны

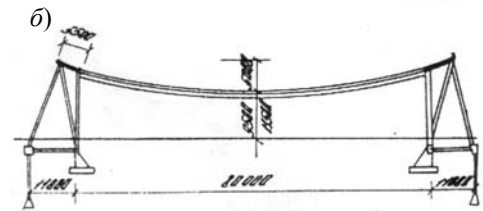
**Плавательный бассейн в Вуппертале, Германия.**

Покрытие – висячая монолитная оболочка одинарной кривизны. Передача распора на подтрибунные рамы. Размеры покрытия  $38 \times 65$  м



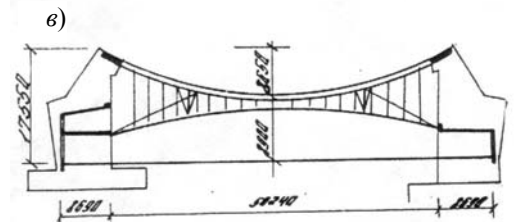
**Спортивно-выставочный зал в Дортмунде, Германия.**

Покрытие – висячая сборная оболочка одинарной кривизны. Передача распора через тросовые оттяжки. Размер покрытия  $100 \times 80$  м



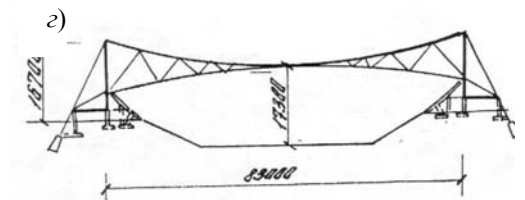
**Автобусный парк в Берлине-Вайсензее, Германия.**

Покрытие – вантовые фермы, установленные через 5,4 м с передачей усилий распора на жесткие балки и через них на торцовые диафрагмы (стены), расположенные через 21,5 м



**Ледовый стадион "Юханнесхоф" в Стокгольме, Швеция.**

Покрытие – вантовые фермы



Лист 32

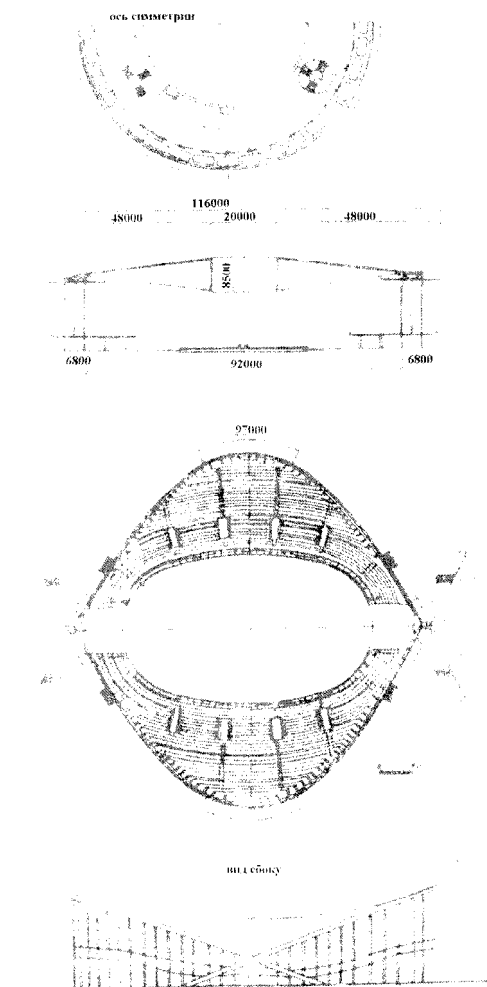
**Пример вантовых покрытий двойкой кривизны**

**Павильон США на Международной выставке в Брюсселе.**

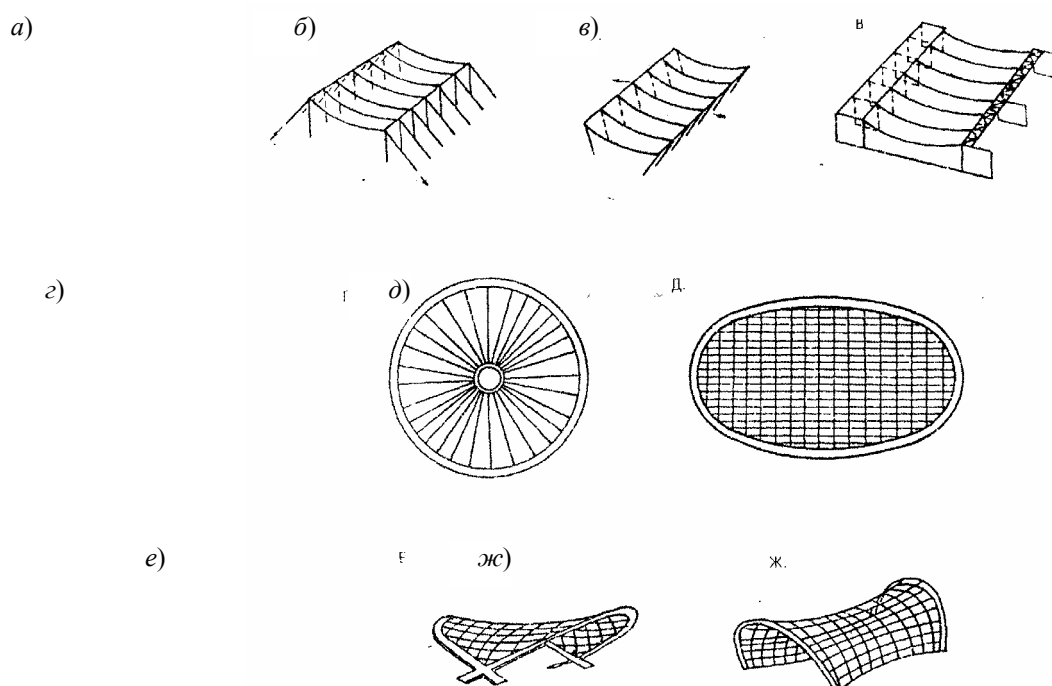
Архитектор Эдвард Стоун, инженер Корнелиус. Круговое вантовое покрытие двойкой кривизны с байтовыми фермами. Кровля – прозрачная пленка

**Спортивная арена "Рэлен", Сев. Каролина, США (1953 г.).**

Архитектор Матвей Новицкий, инженер Вильям Дитрих. Вантовая висячая оболочка в виде гипара с перекрестными вантами через 18 м. Размер покрытия  $92 \times 97$  м. Огражде-



### Основные схемы вантовых покрытий

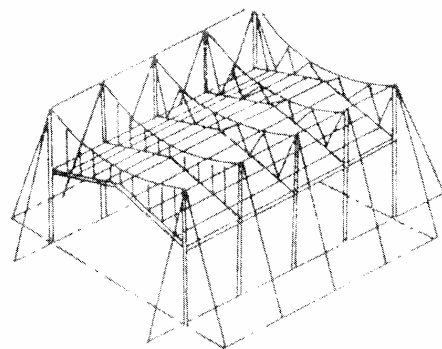


*a* – висячая оболочка одинарной кривизны, восприятие распора с помощью оттяжек; *б* – то же, восприятие распора с помощью наклонных опор;  
*в* – то же, восприятие распора с помощью диафрагм;  
*г* – висячая оболочка двоякой кривизны, восприятие распора с помощью горизонтальных опор колец;  
*д* – то же, восприятие распора с помощью опорного кольца, расположенного на сложной кривой;  
*е, ж* – то же, восприятие распора с помощью наклонных арок

Лист 34

### Некоторые типы подвесных вантовых покрытий

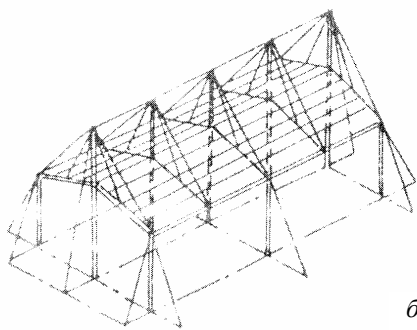
Подвесное покрытие с поперечной вантовой системой и двумя рядами несущих стоек



*a)*

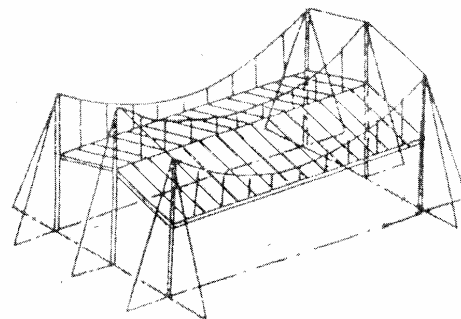
*ж)*

Подвесное покрытие с поперечной вантовой системой и центральным рядом несущих стоек



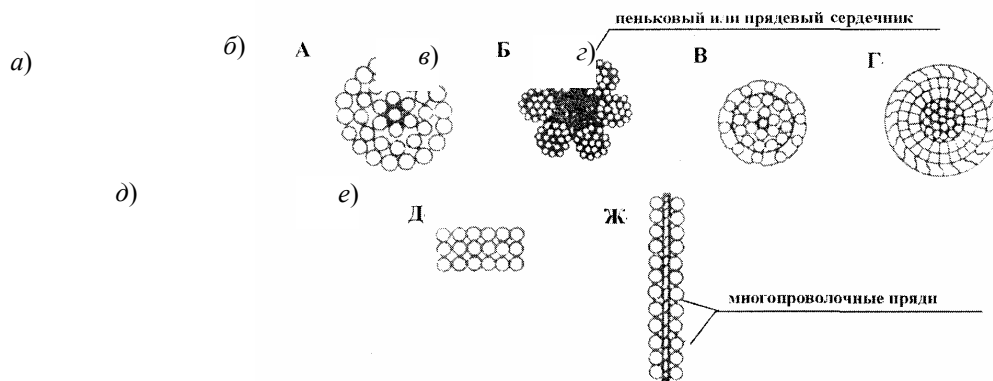
*б)*

Подвесное покрытие с продольной вантовой системой



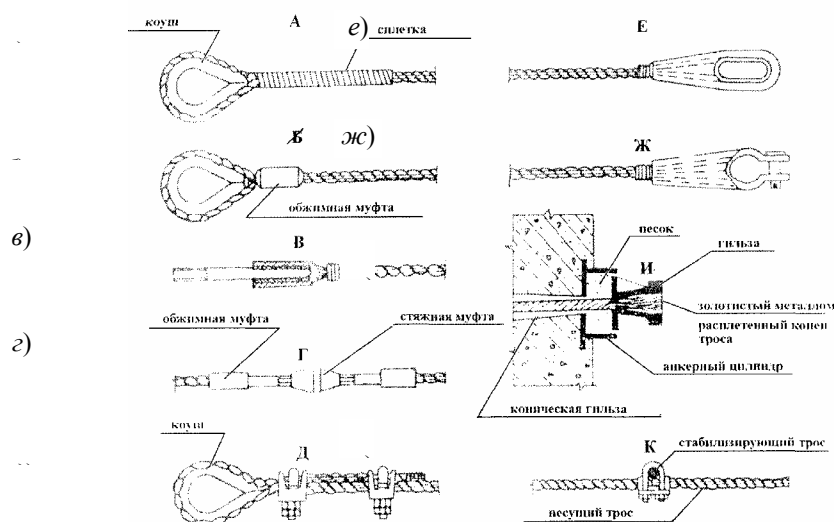
*в)*

Лист 35



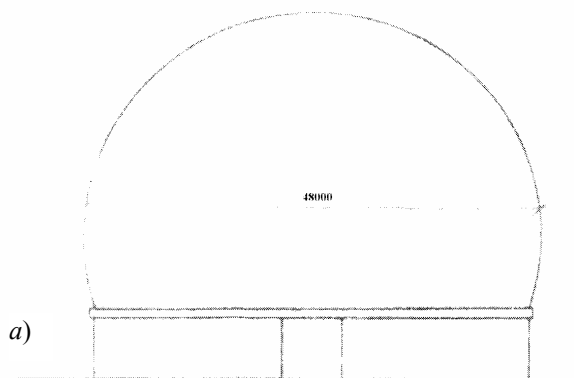
**Рис. 1 Типы проволочных тросов:**

*а* – спиральный; *б* – многопрядевый с сердечником; *в* – полузакрытый; *г* – закрытый; *д* – пучок из параллельных проволок; *е* – плоский трос с прошивкой



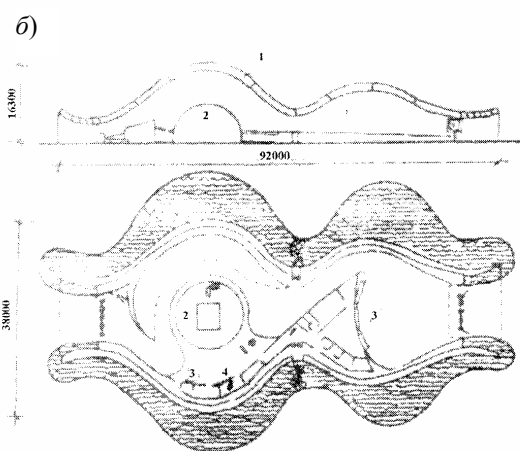
**Рис. 2 Типы кольцевых креплений и соединений проволочных тросов:**

*а* – петля со сплеткой; *б* – петля с обжимной муфтой; *в* – обжимная муфта с нарезным стержнем; *г* – сращивание тросов по длине; *д, к* – крепление хомутами; *е* – с заливкой металлом (муфта с кольцом); *жс* – с заливкой металлом (муфта с проушинами); *и* – анкеровка троса с заливкой металлом



Станция космической радиосвязи в Райстинге, ФРГ (1964 г.).

Проект инженера У. Бер-да, исполнение "Birdair Structures inc. Buffalo" (США). Диаметр оболочки 48 м. Оболочка выполнена из двухслойной ткани дакон с покрытием хайпалона



Передвижной выставочный павильон "Мирный атом" (США).

**ВЫПОЛНЕН ПО ПРОЕКТУ АРХИТЕКТОРА В. ЛАНДИ. ДЛИНА ЗДАНИЯ 92 М, ШИРИНА 38 М, ВЫСОТА 16,3 М. ПОКРЫТИЕ ВОЗДУХО-ОПОРНОГО ТИПА, СОСТОИТ ИЗ ДВУХ ОБОЛОЧЕК, КАЖДАЯ ИЗ КОТОРЫХ СТАБИЛИЗИРУЕТСЯ РАЗЛИЧНЫМ ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ПОСТОЯННОГО РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ОБОЛОЧКАМИ:**

в них 1,08...1,25 атм. Общая масса  
Всего рукавов – 16. Диаметр – 50

Лист 37

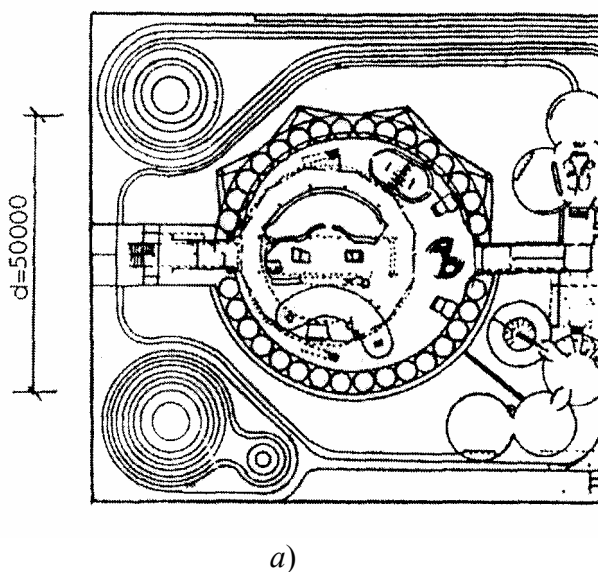
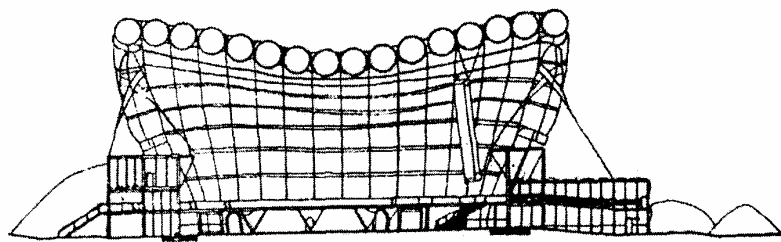


Рис. 1 Диаметр рукавов 4 м, давление 64 т. Перекрываемая площадь 2000 м<sup>2</sup>.

М

- 1 – оболочка;
- 2 – купол реактора;
- 3 – лекционный зал;
- 4 – лаборатория



б)

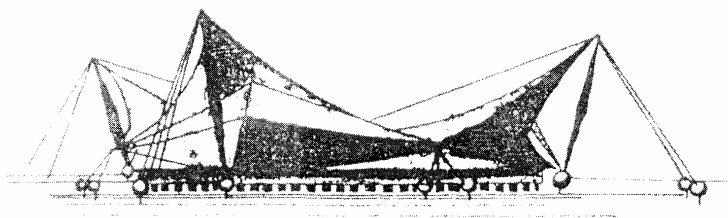
**Рис. 2 Павильон фирмы "Фудзи" на Всемирной выставке в Осаке, Япония (1970 г.).**

Автор проекта архитектор И. Мурата

Лист 38

### Примеры применения тентовых конструкций

а)



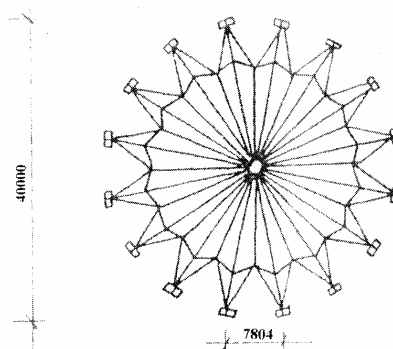
#### **Павильон на сельскохозяйственной выставке в Лозанне, Швейцария.**

Покрытие в виде парусов в форме гипара с оболочкой из армированной ПВХ пленки, усиленной системой пересекающихся предварительно напряженных тросов, которые крепятся к анкерам и стальным кнутам высотой 16,5 м. Пролет – 25 м.

Авторы: Ф Отто (Штутгарт), фирма "Штроемeyer" (Констанц, ФРГ)

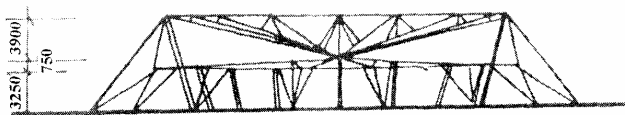
#### **ПЛАН ПОКРЫТИЯ**

б)



#### **Общий вид**

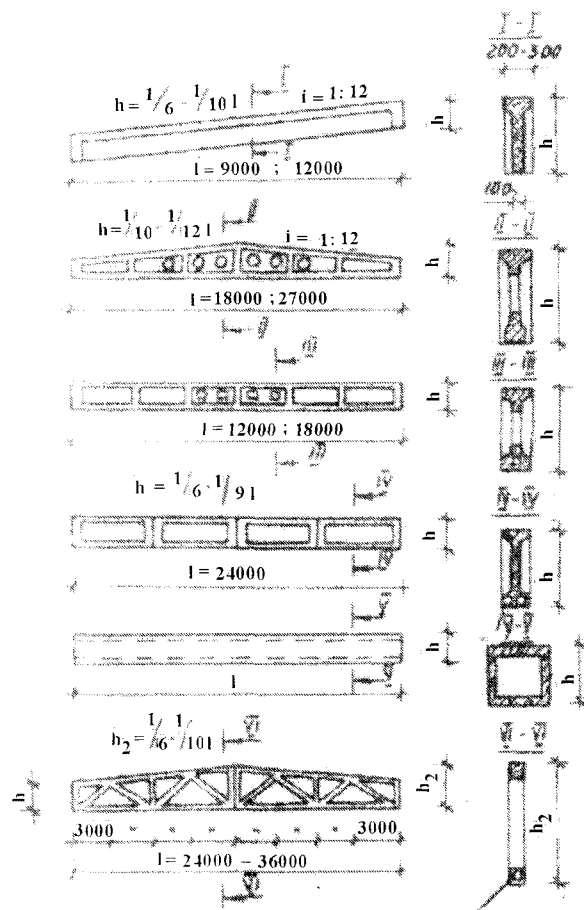
в)



#### **Открытая аудитория на сельскохозяйственной выставке в Маркклеесберге, Германия**

Покрытие – вантово-тентовое складчатое в виде системы предварительно напряженных проволочных тросов ( $d = 8, 10, 15$  мм.) и натянутой между ними оболочки. Покрытие подвешено к 16 гибким стойкам и закреплено оттяжками в 16 анкерных блоках

Авторы: объединение DEWAG, И. Бауэр (Лейпциг), Р. Рюле (Дрезден)



каналы для пропуска арматуры и  
последующего ее натяжения

