

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУИРОВАНИЮ

Монолитные пространственные конструкции

Монолитные пространственные конструкции следует проектировать, как правило, с гладкой плитой, толщиной δ , определяемой расчетом.

Для повышения жесткости поля оболочки или складки допускается предусматривать ребра, как правило, прямоугольного или трапециевидного сечения. Шаг ребер следует определять расчетом поля оболочки или плиты складки на прочность, устойчивость или локальную несущую способность. Для уменьшения изгибающих моментов в плите оболочки рекомендуется ось симметрии сечения ребер совмещать с направлением нормали к поверхности (для ребер, располагаемых в местах перелома складчатой поверхности, - с направлением биссектрисы угла сопряжения граней).

Монолитные тонкостенные конструкции покрытий допускается проектировать с любыми очертаниями поверхности и формами в плане, предусмотренными действующими нормами. Для возможности использования многократно оборачиваемой (подвижной и переносной) опалубки тонкостенные конструкции рекомендуется применять:

а) с линейчатыми поверхностями (цилиндрические, гиперболические оболочки, коноиды, призматические складки);

б) с поверхностями переноса положительной гауссовой кривизны (параболические и круговые оболочки).

Стрелу подъема монолитных оболочек следует принимать от $1/10$ до $1/5$ пролета, угол наклона касательной к поверхности монолитных покрытий с горизонтом для их бетонирования на односторонней опалубке - не более 35° .

В качестве бортовых элементов оболочек, складок, многогранников рекомендуется предусматривать балки, рамы или арки, как правило, с прямоугольной или квадратной формой поперечного сечения высотой не менее $1/80$ пролета, или фермы.

Переход от плиты к бортовым элементам и к ребрам следует выполнять плавным, в виде вута шириной до 10δ . Если устройство вута недостаточно для восприятия краевых изгибающих моментов, следует предусматривать утолщения плиты на величину от $0,5\delta$ до δ . При необходимости в плите следует предусматривать плавное утолщение от центра к бортовым элементам.

Армирование монолитных пространственных конструкций рекомендуется проектировать с использованием готовых сварных сеток и каркасов.

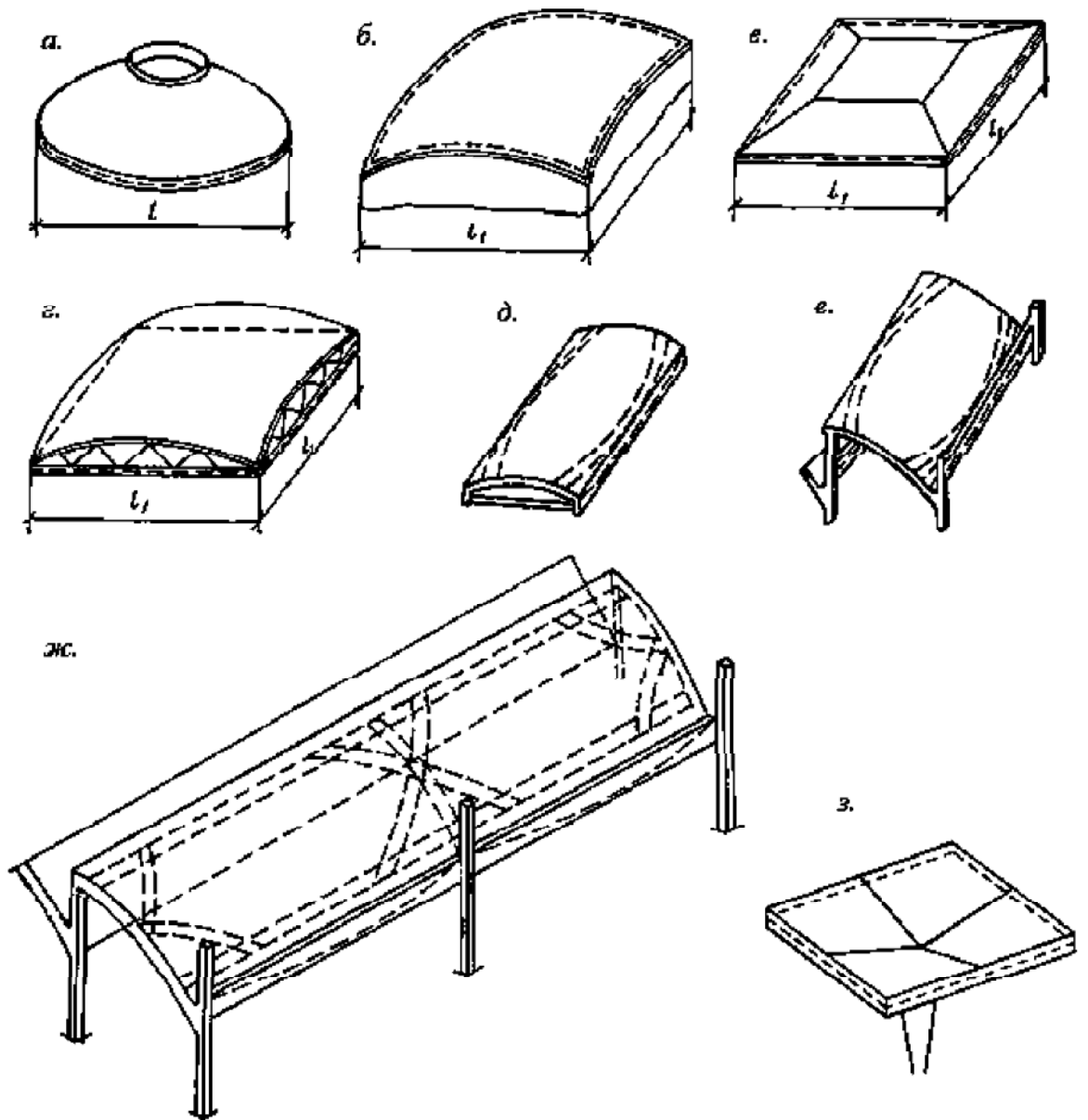
У растянутой грани изгибаемых плит следует предусматривать не менее одной арматурной сетки. Сжатые плиты, толщина которых определяется условием обеспечения местной несущей способности или устойчивости, и растянутые плиты рекомендуется армировать по расчету двумя сетками, располагаемыми симметрично относительно срединной поверхности с обеспечением минимально допустимой величиной защитного слоя бетона.

В случае, если в плите конструкции арматура по расчету не требуется, то следует предусматривать конструктивное армирование плиты не менее, чем одной сеткой из арматурных стержней диаметром 3—4 мм. Наибольшие расстояния между осями арматурных стержней должно быть не более 45 и не более 200 мм.

Для восприятия растягивающих усилий в контурных элементах, диафрагмах и затяжках большепролетных покрытий рекомендуется предусматривать предварительно напрягаемую арматуру, принимаемую согласно СП 63.13330.

Предварительно напрягаемую арматуру следует располагать в каналах или пазах с последующим замоноличиванием бетоном или в трубчатых каналаобразователях без сцепления с бетоном с последующим их заполнением противокоррозионными составами. Схемы расположения напрягаемой арматуры в основных типах пространственных конструкций показаны на рис. 6.1.

В бортовых элементах балочных оболочек и складок до 80% рабочей растянутой арматуры допускается размещать у растянутой грани. В тонкостенных элементах пространственных конструкций растянутую арматуру рекомендуется располагать равномерно вдоль растянутой зоны сечения оболочки, складки или многогранника.



а — в куполе; *б* — в полой оболочке положительной гауссовой кривизны, опертой по контуру; *в* — в шатровой складке; *г* — то же, с фермами-диафрагмами, опертыми в углах оболочки; *д* — в цилиндрической оболочке; *е* — в шедовой однопролетной оболочке; *ж* — в шедовой неразрезной оболочке, армированной перекрестными пучками; *з* — в зонтичной оболочке, образованной из четырех гиперболических параболоидов

Рисунок 6.1. Схемы расположения напрягаемой арматуры

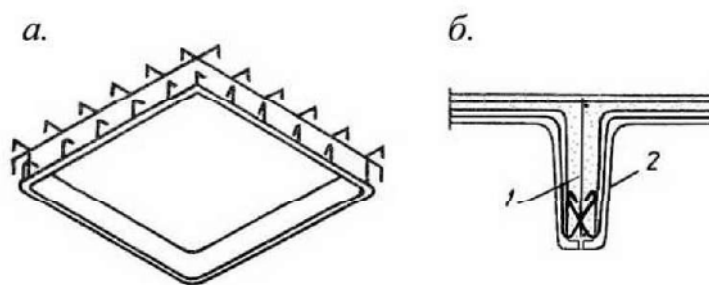
Минимальные значения толщины защитного слоя бетона для рабочей арматуры следует принимать по указаниям СП 63.13330.

Сборно-монолитные пространственные конструкции

Сборно-монолитные конструкции покрытий и перекрытий следует проектировать с применением в качестве несущей опалубки железобетонных или армоцементных тонкостенных элементов (рис. 6.2), обеспечивающих создание готовой поверхности потолка, удовлетворяющей архитектурно-конструктивным требованиям. При проектировании армоцементных элементов несущей опалубки следует соблюдать требования СНиП 2.03.03. Несущую опалубку пространственных конструкций следует рассчитывать на усилия от собственного веса, от веса уложенного монолитного бетона и монтажных нагрузок. Поверхность несущей опалубки, соприкасающаяся с монолитным бетоном, и выпуски арматуры должны обеспечивать совместную работу опалубки и монолитного бетона.

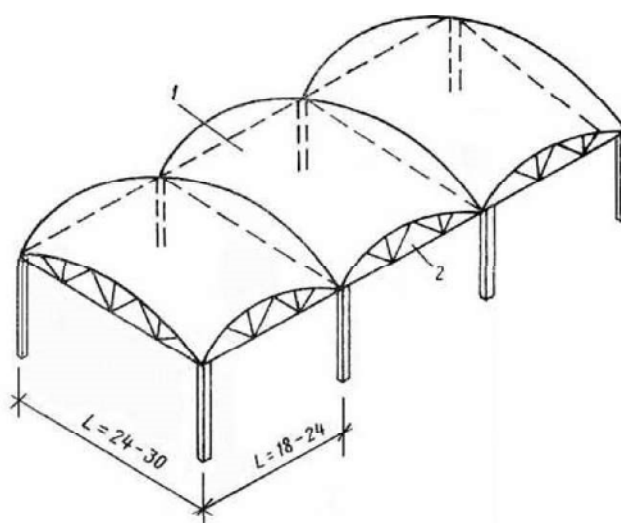
При проектировании сборно-монолитных конструкций рекомендуется предусматривать сборные диафрагмы, бортовые элементы или ребра. Сборные диафрагмы и бортовые элементы

следует изготавливать железобетонными - в том числе с несущей арматурой, и металлическими. Схема сборно-монолитной оболочки покрытия здания приведена на рис. 6.3.



a — тонкостенный коробчатый железобетонный или армоцементный элемент;
б — деталь поперечного сечения конструкции;
1 — монолитный бетон; *2* — выпуски арматуры из несущей опалубки.

Рисунок 6.2. Сборно-монолитные оболочки с использованием несущей железобетонной или армоцементной опалубки



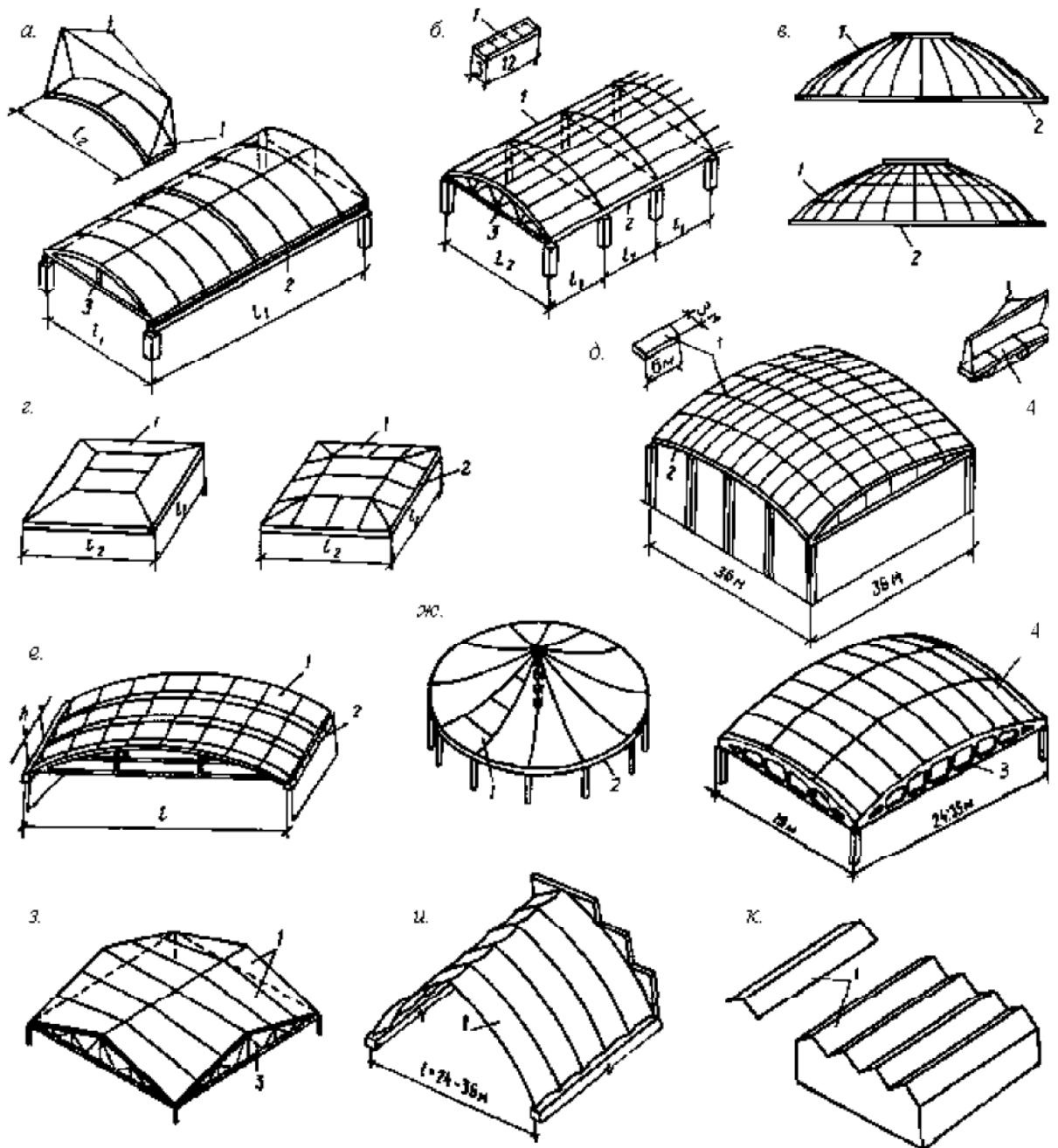
1 — монолитная плита-оболочка; *2* — металлическая или сборная железобетонная ферма-диафрагма

Рисунок 6.3. Схема сборно-монолитной оболочки покрытия

Для обеспечения передачи контактных усилий между монолитным бетоном и сборными элементами в последних рекомендуется предусматривать шпонки, упоры, выпуски арматуры и закладные детали (см. п.6.4 настоящего СП).

Для снижения размеров поперечного сечения сборных элементов при проектировании рекомендуется предусматривать на время монтажа временные затяжки, опоры и другие подкрепляющие устройства. Выбор бетона и арматуры при этом рекомендуется производить с учетом условий изготовления, предусмотренных проектом производства работ (СП 70.13330).

При конструировании монолитных частей сборно-монолитных конструкций необходимо учитывать рекомендации пп. 6.1.1—6.1.6 настоящего СП.



а — длинная цилиндрическая оболочка из панелей размером 3×6 м, бортовых элементов и диафрагм монтируемая укрупненными элементами; б — то же, короткая из плоских панелей размером 3×12 м диафрагм; в — оболочка вращения из трапециевидных криволинейных или плоских панелей; г — шатровые складки из трапециевидных и прямоугольных панелей; д — оболочки двойной кривизны из панелей размером 3×6 м, монтируемые укрупненными элементами размером 3×18 м; е — волнистый свод из плоских панелей; ж — шатровая висячая оболочка (со средней опорой) из трапециевидных панелей; з — составная оболочка из четырех гиперболических параболоидов, собранных из неплоских панелей размером 3×9 м; и — стрельчатый свод-оболочка из гиперболических панелей с торцевой стенкой-диафрагмой; к — складчатое покрытие. 1 — панель; 2 — бортовой элемент; 3 — ферма-диафрагма; 4 — монтажный блок размером 3×18

Рисунок 6.4. Примеры членения сборных пространственных покрытий и перекрытий

Поперечные сечения сборных элементов, как правило, должны иметь размеры, не менее: по толщине плиты δ — 8—30 мм; по высоте сечения основных ребер панелей h — 1/20 их длины; по ширине сечения ребер панелей b — 40 мм.

Бортовые балочные элементы следует конструировать, как правило, аналогичными типовым железобетонным балкам покрытий и перекрытий, а бортовые растянутые элементы оболочек положительной гауссовой кривизны — с предварительно-напряженной арматурой. Бортовые элементы с пролетами менее 20 м допускается конструировать без предварительного напряжения арматуры.

В местах действия краевых моментов и максимальных главных растягивающих напряжений допускается утолщение плиты, в том числе с помощью слоя монолитного бетона, укладываемого по сборным плитам. При этом должны быть предусмотрены необходимое дополнительное армирование монолитного слоя (например, в углах оболочек положительной гауссовой кривизны) и конструктивные и технологические мероприятия для обеспечения сцепления монолитного слоя со сборными панелями. Толщину плиты сборных элементов допускается принимать переменной - плавно изменяющейся между ребрами или ступенчатой, постоянной в пределах пролета.

В случае, когда арматуры, установленной в сборных элементах, недостаточно, следует предусматривать дополнительное армирование в виде предварительно напряженных поясов и отдельных элементов или стержней, укладываемых в процессе возведения конструкции. Предварительное напряжение такой арматуры следует осуществлять натяжением на бетон и последующим обетонированием. Стержни или сетки дополнительного армирования допускается укладывать в стыках между панелями и другими элементами (например, для обеспечения неразрезности в местах сопряжения соседних оболочек).

Сборные конструкции в виде панелей-оболочек, панелей-складок (размером, равным пролету между опорами покрытий или перекрытий зданий) следует проектировать исходя из условия, что они изготавливаются, перевозятся и монтируются как готовые пространственные конструкции.

Соединения элементов при укрупнительной сборке должны быть достаточно простыми для выполнения, как правило, без замоноличивания.

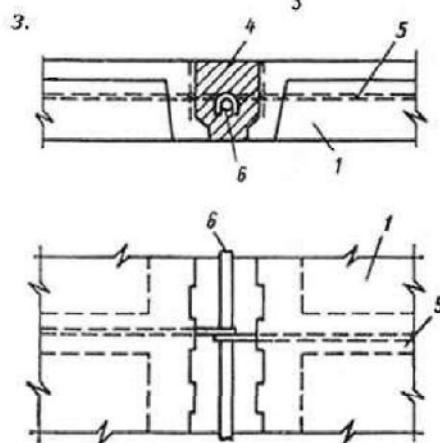
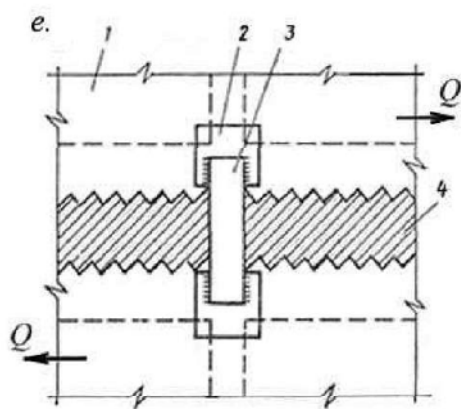
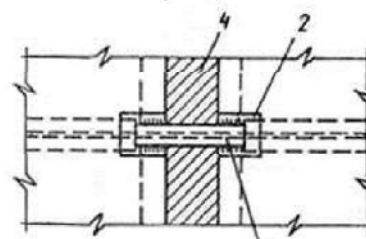
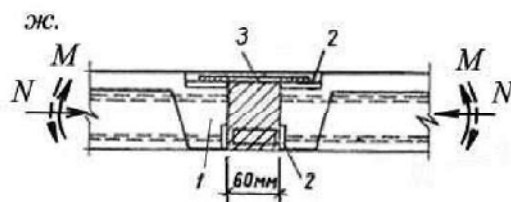
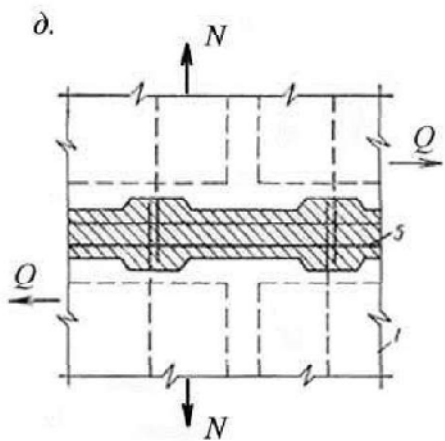
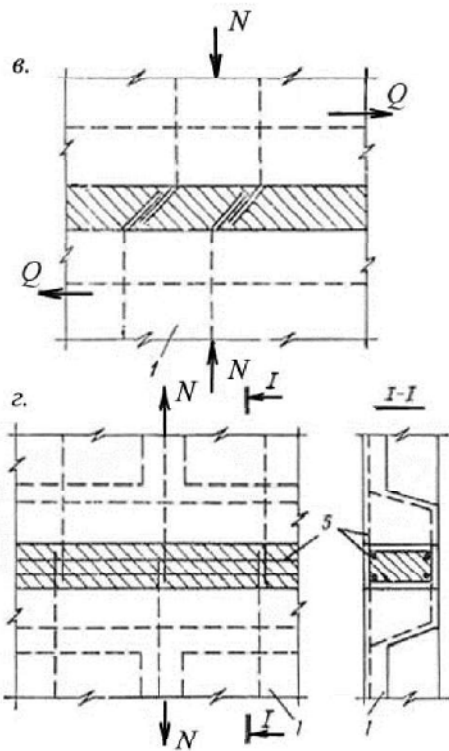
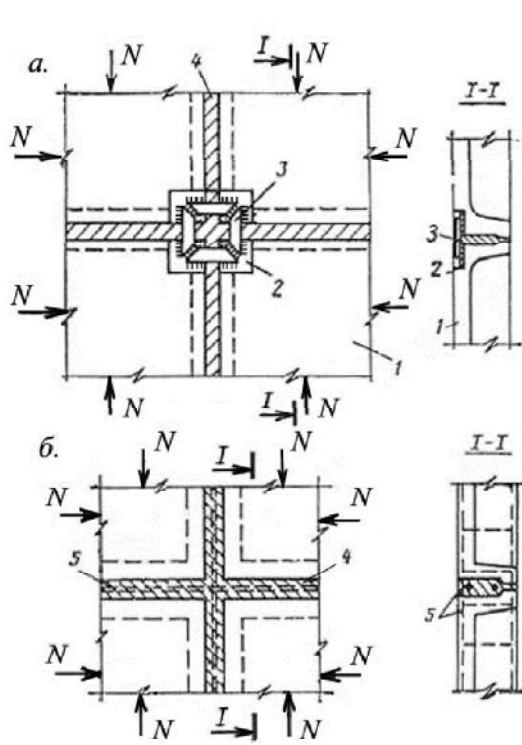
В комбинированных пространственных конструкциях покрытий плита оболочки или складки выполняются из железобетона, а бортовые элементы, устройства для подвесных кранов и др. - из стальных ферм, балок и т.п. При проектировании комбинированных конструкций рекомендуется обеспечивать совместную работу железобетонных и металлических элементов покрытия или перекрытия.

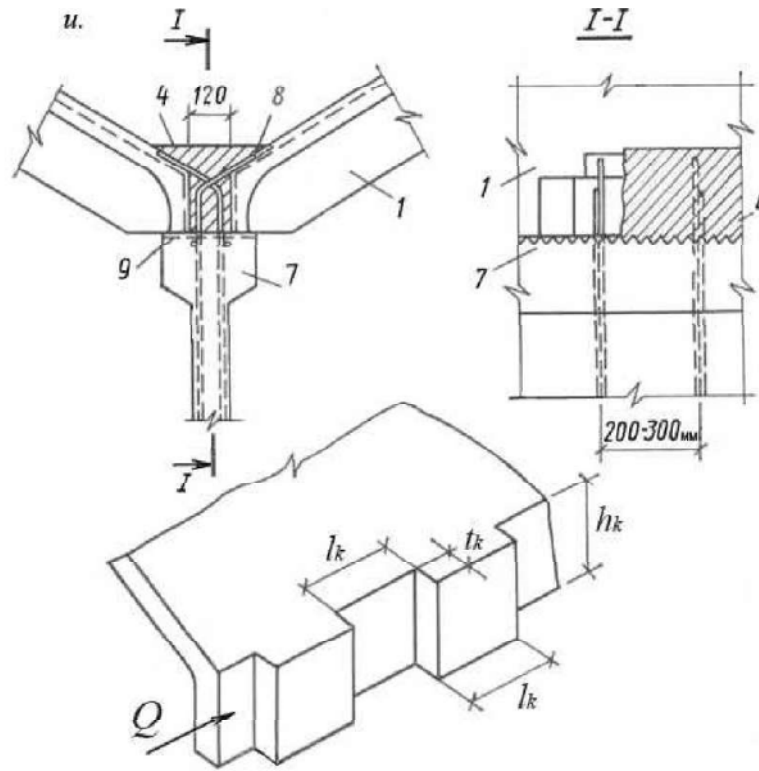
Стыки сборных конструкций

Стыки конструкций должны быть надежны и просты при сборке и омоноличивании. Следует различать стыки расчетные, проектируемые для восприятия расчетных усилий, и конструктивные (например, омоноличенный стык между соседними панелями-оболочками КЖС). К конструктивным стыкам требование расчета по прочности не предъявляется.

Расчет стыков по прочности рекомендуется производить в зависимости от вида передаваемых через них усилий. Расчетные стыки оболочек, складок и многогранников, как правило, следует конструировать со шпонками - для обеспечения передачи касательных, а также сжимающих или растягивающих усилий. При значении напряжения сцепления бетона замоноличивания с бетоном сборных элементов τ , не превышающем значение $0,25 R_{bt}$, в сжатых стыках допускается учитывать сопротивление трению.

Схемы стыков приведены на рис. 6.5.

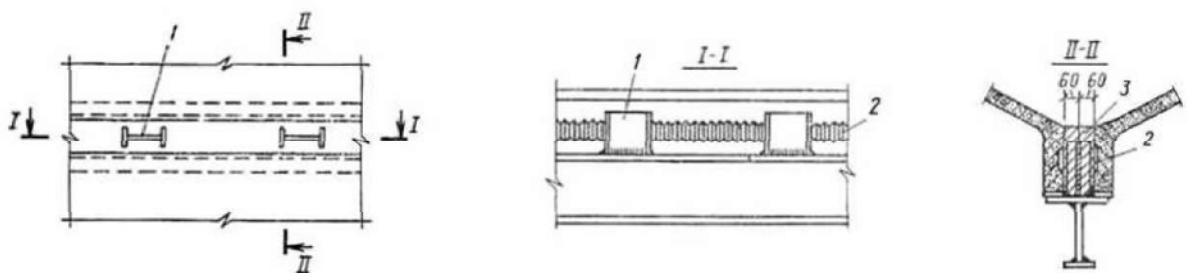




a — сжатый стык панелей со сварными накладками; *b* — то же, с перепуском арматуры; *в* — то же, с отгибами при наличии сдвигающих усилий; *г* — растянутый стык; *д* — то же, при наличии сдвигающих усилий; *e* — стык со сварной накладкой и шпонками, работающий на сдвиг; *ж* — то же, испытывающий сжатие с изгибом; *з* — стык панелей висячей оболочки на ванте; *и* — стык панелей и диафрагмы смежных оболочек и схема шпонки стыка; 1 — панель; 2 — закладная деталь; 3 — соединительная накладка; 4 — бетон замоноличивания; 5 — продольная арматура стыка; 6 — ванта в трубе с защитной смазкой; 7 — диафрагма с выпусками арматуры; 8 — сварной шов; 9 — шпонки.

Рисунок 6.5. Схема стыков сборных конструкций

В стыках железобетонных элементов со стальными диафрагмами и бортовыми элементами вместо шпонок в металлической конструкции следует предусматривать жесткие упоры (рис. 6.6) или стержневые анкеры. Жесткие упоры следует предусматривать также в стыках с железобетонными диафрагмами - в случае, если шпонок недостаточно для восприятия сдвигающих усилий.



1 — стальной упор; 2 — шпонки; 3 — бетон замоноличивания.

Рисунок 6.6. Схема стыков железобетонных и металлических элементов

Соединение арматуры в стыках следует осуществлять сваркой стержней с закладными деталями или между собой, а также путем перепуска концов стержней и сеток согласно указаниям ГОСТ 14098 и ГОСТ 10922. Для уменьшения длины перепуска арматурных стержней допускается их стыкование с помощью перепуска петель диаметром (или размером стороны) не менее $10d$ с заделкой в шов каждой петли на длину

не менее $15d$ (здесь d - диаметр стыкуемых стержней). При расположении петель в вертикальной плоскости внутри петель по их периметру должны быть заложены продольные по стыку стержни (рис. 6.5, г, д). При расположении петель в горизонтальной плоскости к ним

следует приваривать продольные стержни. Расчетные стыки на период монтажа допускается проектировать без омоноличивания, предусматривая передачу возникающих в них усилий через соединительные металлические детали (рис. 6.5, ж).

Металлические детали стыков должны быть защищены от коррозии согласно требованиям СП 28.13330.

Размер ширины стыков следует назначать с учетом допусков для размеров собираемых элементов и принимать равным не менее 40 мм и, как правило, не более 150 мм.

Прочность бетона сборных элементов при местном сжатии в стыке должна быть обеспечена.

Ширина раскрытия трещин на уровне арматуры должна быть не более допустимой по СП 63.13330.

Для сокращения размеров и количества закладных деталей и стержней, проектируемых в стыке, а также для упрощения работ по стыкованию арматуры, допускается основную арматуру в элементах и в стыках покрытий сосредоточивать на отдельных участках в зоне ребер, пересекаемых стыком, а при отсутствии ребер - на участках протяженностью в 5-10 толщин плиты при расстоянии между участками в 10-20 толщин плиты.

Отверстия и проемы

Отверстия и проемы различной формы в тонкостенных пространственных конструкциях допускается устраивать в пределах расстояния между диафрагмами или ребрами жесткости. Световые проемы могут также устраиваться с перепадом поверхностей покрытия или путем раздвижки оболочек, складок или сводов.

При больших размерах проемов в плите рекомендуется предусматривать распорки и раскосы, которые вместе с окаймляющими ребрами образуют раму или ферму, способную воспринять нормальные и касательные усилия, или только нормальные усилия. Допускается применение специальных металлических конструктивных элементов, обеспечивающих прочность и жесткость железобетонных элементов оболочек с отверстиями и поддерживающих светопрозрачные панели.

При размерах проемов, превышающие указанные в п.6.5.1, например расположенных в сводах между арками-диафрагмами 2 и поперечными балками 3 с шагом 12 м (рис.6.7), световые проемы снабжаются самоуравновешенными натягаемыми системами 1 (на рисунке указаны металлические затяжки 4, колонны 5 и железобетонные плиты 6).

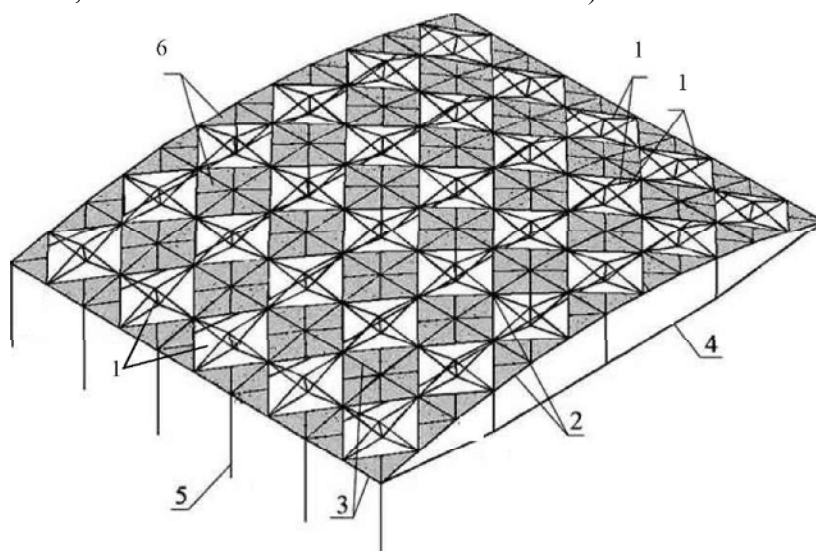


Рисунок 6.7- Световые проемы, расположенные между арками-диафрагмами с шагом 12 м

Натягаемая система (рис.6.8) включает в себя верхние и нижние наклонные стержни 3, соединенные с углами ячейки в форме ромба, образованных контурными элементами 4, и концами центральной металлической стойки 5. Заданный уровень растяжения в наклонных стержнях создается изменением длины стойки 5 с помощью натяжного устройства или съемного домкрата 6. Указанная система является опорой светопрозрачного покрытия и элементом жесткости.

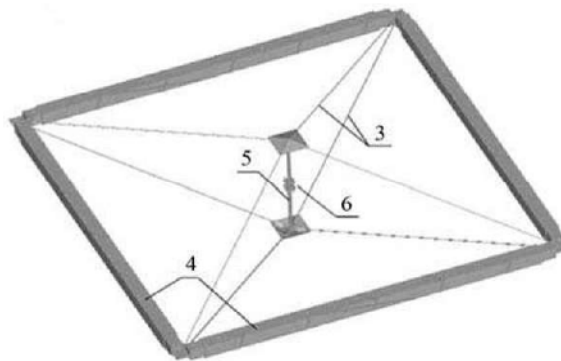
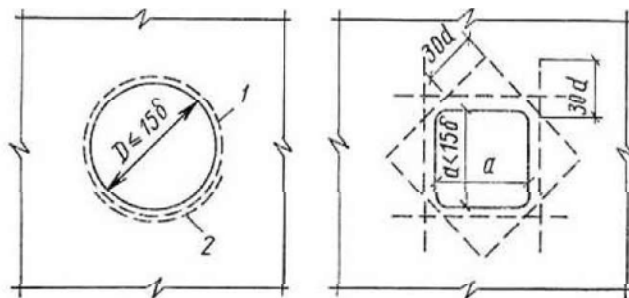


Рисунок 6.8 - Световой проем с напрягаемой системой

Отверстия в плите оболочек и складок с размером сторон (или диаметром) не более 15ϵ допускается устраивать без специального утолщения края плиты, но с установкой конструктивной арматуры, окаймляющей отверстие, диаметром не менее 8 мм при $5 > 30$ мм.

Отверстия рекомендуется проектировать круглыми, овальными или многоугольными с округлением углов радиусом $r > 25$.

В зоне отверстий плиты размером более 15ϵ края ее полки должны иметь утолщение и армирование, устанавливаемое расчетами. Утолщение следует принимать высотой $> 3\epsilon$, шириной > 25 и площадью сечений бетона и арматуры не менее чем площадь сечения бетона и арматуры в поперечном сечении вырезанной части плиты. Отверстия, устраиваемые в растянутых полках, должны иметь в утолщениях количество арматуры, достаточное для восприятия усилия, приходящегося на вырезанную часть полки.



1 - арматура; 2 — стык арматуры с перепуском на $30d$ или равнопрочный сварной стык.

Рисунок 6.9. Окаймляющее армирование отверстий

Деформационные швы

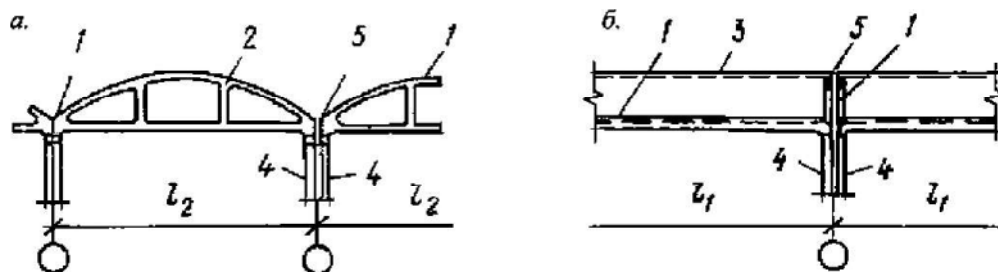
В пространственных покрытиях и перекрытиях следует предусматривать их разрезку постоянными и временными температурно-усадочными швами, расстояние между которыми назначают в зависимости от климатических условий, конструктивных особенностей сооружения, последовательности производства работ и т.п. Кроме того:

в многопролетных покрытиях деформационные швы следует устраивать между парными бортовыми элементами (рис. 6.10);

в складчатых и волнистых сводчатых покрытиях деформационные швы, с целью повышения их водонепроницаемости, рекомендуется проектировать на гребне у складки или волны свода;

температурно-усадочные деформации пространственных конструкций должны компенсироваться за счет гибких или качающихся колонн, а также шарнирно подвижных или упруго-деформируемых (полимерных прокладок) опорных устройств. При больших (100 м и более) пролетах, как правило, применяют свободно податливые опоры при условии неподвижного закрепления покрытия не менее чем в двух точках по сторонам контура или в углах;

деформационные швы покрытия должны совпадать со швами, перерезающими стены, если специально не предусмотрены мероприятия для независимого деформирования стен и покрытия.



a — в направлении l_2 ; *б* — в направлении l_1 ;

1 — бортовая балка; 2 — ферма-диафрагма; 3 — оболочка; 4 — колонна; 5 — шов.

Рисунок 6.10. Пример решения температурного шва

Покрытия с круглой или с полигональной формой в плане (оболочки вращения, складчатые купола и т. п.) диаметром более 40 м, в которых не могут быть предусмотрены деформационные швы, должны опираться по контуру на гибкие колонны или подвижные опоры в радиальном направлении, допускающие компенсацию температурных и усадочных деформаций.

В распорных покрытиях пролетом более 40 м, опирающихся жестко или шарнирно непосредственно на фундаменты, температурно-усадочные деформации следует учитывать как при расчете, так и при конструировании.