



Общие принципы проектирования железобетонных конструкций зданий

- Конструкции промышленных и гражданских зданий состоят из отдельных элементов, связанных в единую систему. Как здание в целом, так и отдельные элементы должны обладать необходимой прочностью, устойчивостью, жесткостью, трещиностойкостью и долговечностью на протяжении всего периода эксплуатации.
- Элементы здания (плиты, балки, колонны, стены) участвуют в общей работе здания. При загрузении одного элемента здания в работу включаются другие, происходит пространственная работа системы. Учет пространственной работы приводит к более экономичным решениям.

• Здание должно надежно сопротивляться вертикальным и горизонтальным нагрузкам и воздействиям (ветровые и крановые нагрузки, сейсмика, температурные воздействия, действие усадки и ползучести бетона, которые в статически неопределимых системах приводят к возникновению дополнительных усилий).

• **Конструктивные схемы зданий:**

–каркасная;

–бескаркасная (панельная);

–многоэтажная;

–одноэтажная.

В каркасных зданиях горизонтальные нагрузки (ветровые, крановые, сейсмические и др.) могут восприниматься совместно каркасом и вертикальными связевыми диафрагмами, соединенными перекрытиями в единую пространственную систему или только каркасом как рамной конструкцией при отсутствии вертикальных диаграмм.

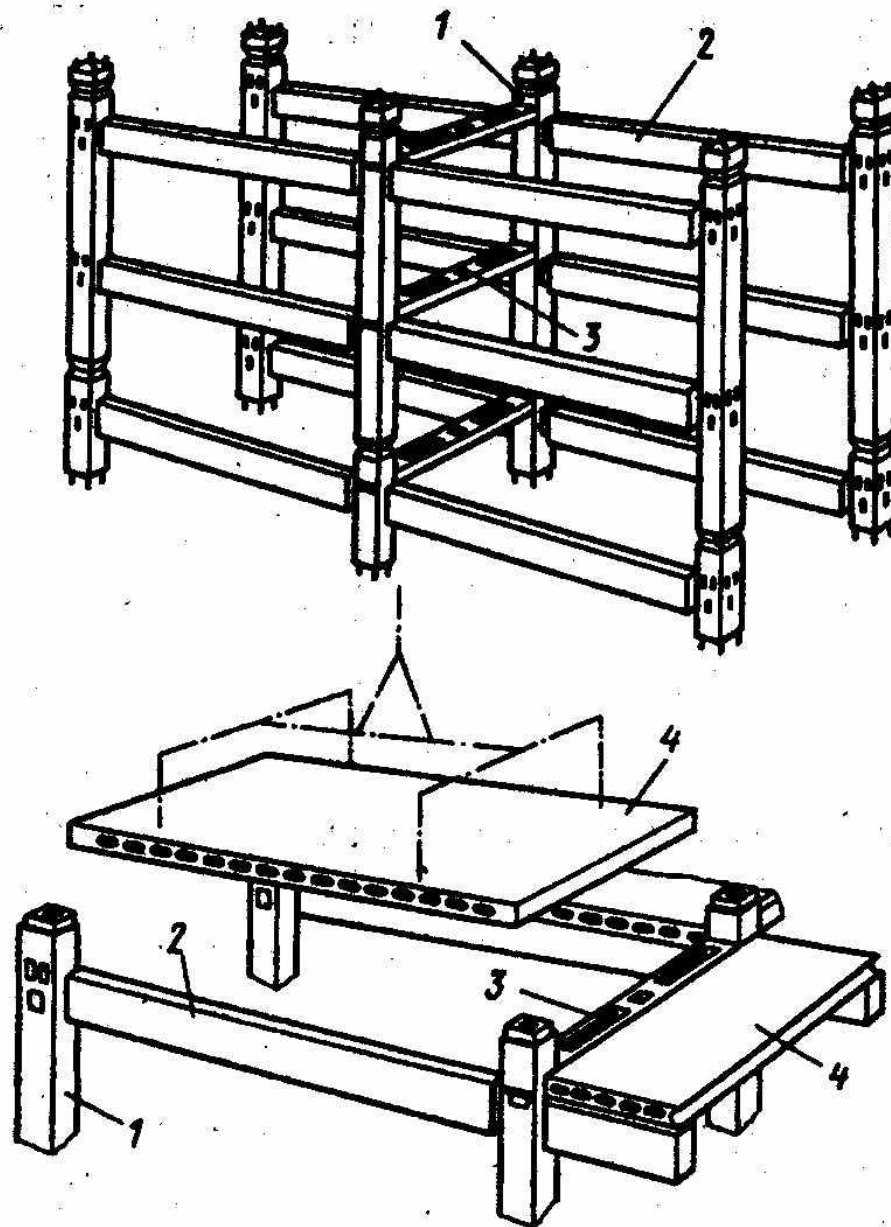


Рис. 61. Членение конструкций на сборные элементы:
1 — колонна; 2 — ригель; 3 — вкладыш; 4 — панель перекрытия

- В многоэтажном панельном здании горизонтальные воздействия воспринимаются совместно продольными и поперечными стенами, соединенными с помощью перекрытий в единую пространственную систему.
- При различных конструктивных схемах железобетонные конструкции должны быть экономичными и индустриальными с минимальными затратами ручного труда.
- По способу изготовления здания могут быть сборными, монолитными и сборно-монолитными.

Деформационные швы

- При изменении температуры железобетонные конструкции деформируются (удлиняются и укорачиваются). В результате усадки бетона железобетонные конструкции укорачиваются, а при увлажнении – удлиняются.
- На деформацию железобетонных конструкций оказывает влияние ползучесть бетона. В результате неравномерной осадки основания происходит взаимное смещение элементов в вертикальном направлении.
- Т.к. здания представляют собой статически неопределимые системы, изменение температуры, влажности, неравномерная осадка основания, усадка и ползучесть бетона приводят к возникновению дополнительных напряжений в конструкциях, что в свою очередь может привести к появлению и чрезмерному раскрытию трещин и к разрушению конструкций.

- Для уменьшения усилий от температуры и усадки железобетонные конструкции делят по длине и ширине на отдельные части (деформационные блоки) с помощью устройства температурно-усадочных швов.
- Расстояния между такими швами зависят от расчетной температуры воздуха и вида конструкций, а также от температурного режима помещений.
- В неотапливаемых зданиях и открытых сооружениях расстояния между температурными швами меньше.

Наибольшее допустимое расстояние между температурно-усадочными швами в железобетонных конструкциях, м

Вид конструкции	Внутри отапливаемых зданий и в грунте	В открытых сооружениях и неотапливаемых зданиях
Сборные каркасные одноэтажные	72	48
Сборные каркасные многоэтажные	60	40
Сборные сплошные	50	30
Монолитные и сборно-монолитные каркасные	50	30
Монолитные и сборно-монолитные сплошные	40	25

- Для железобетонных конструкций одноэтажных зданий допускается увеличение между температурно-усадочными швами на 20% больше, чем в табл.
- Расстояния, указанные в табл., допустимы при расположении вертикальных связей каркасных зданий в середине деформационного блока. При расположении связей по краям температурного блока, работа здания при температурно-усадочных деформациях приближается по характеру к работе сплошных конструкций.
- Температурно-усадочный шов выполняют в надземной части здания - от кровли до верха фундамента. Ширина температурно-усадочных швов составляет обычно 20...30 мм и может уточняться расчетом в зависимости от длины блока и значения перепада температуры.

- Температурно-усадочные швы устраивают обычно на спаренных колоннах с общим фундаментом.
- Осадочные швы устраивают в местах сопряжения разновысоких частей здания, при возведении сооружений на неоднородных и просадочных грунтах, а также в случае пристройки новых зданий к существующим.
- Осадочные швы устраивают на парных колоннах, но с отдельным фундаментом.
- Возможно применение осадочного шва в виде вкладного пролета. Осадочный шов служит одновременно температурно-усадочным.

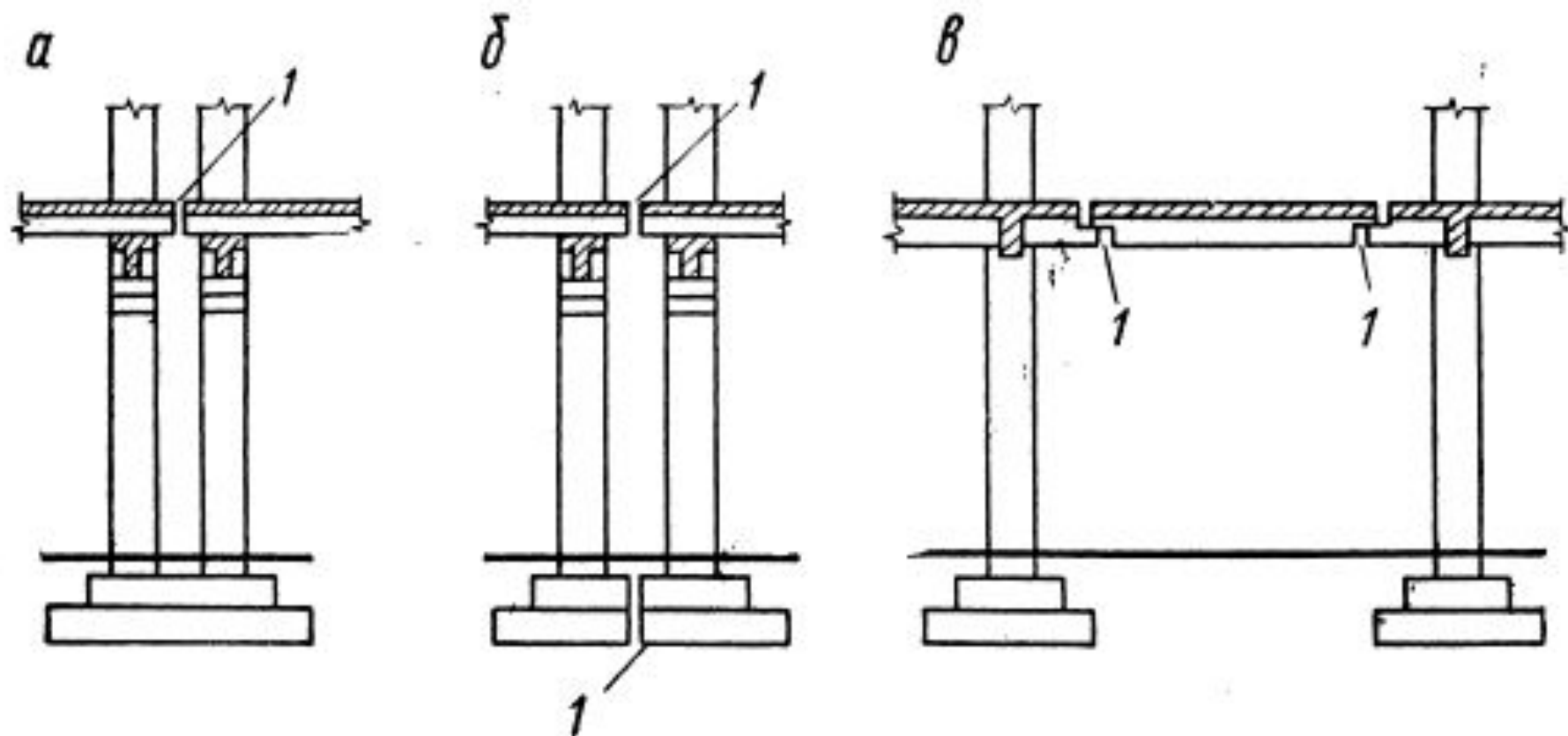


Рис. 10.2. Деформационные швы

а — температурный шов на парных колоннах; б — осадочный шов на парных колоннах; в — осадочный шов с вкладным пролетом; 1 — шов

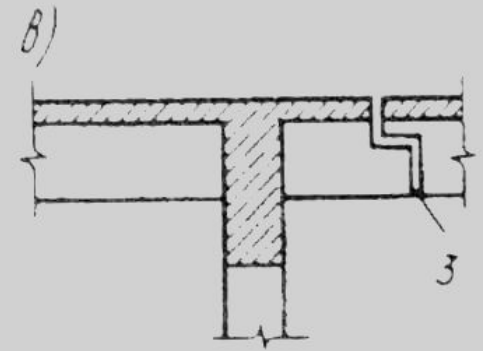
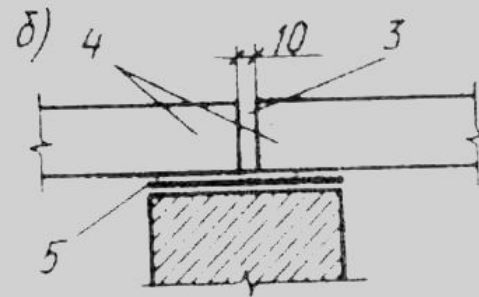
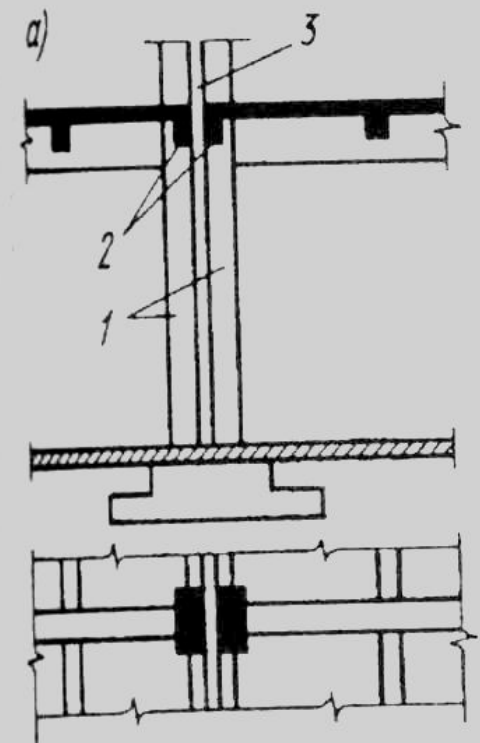


Рис. 170. Основные конструктивные схемы температурно-усадочных швов:

1 — парные колонны; 2 — парные балки;
 3 — температурно-усадочные швы; 4 — балки перекрытия; 5 — поверхность скольжения (прокладки)

Принципы проектирования сборных элементов

Типизация сборных элементов

- Эффективность сборных железобетонных элементов повышается, если на заводе изготавливают серии однотипных элементов.
- Важнейшее требование, чтобы число типов элементов было ограничено, а применение массовым, т.е. для возможно бóльшего числа зданий различного назначения.
- С этой целью элементы типизируют, т.е. отбирают наиболее рациональные с наилучшими технико-экономическими характеристиками (стоимость, расход материалов, трудоемкость изготовления, вес и т.д.).
- Например, для панелей перекрытий целесообразно при изменении их длины или нагрузок сохранять размеры поперечного сечения, увеличивая сечение арматуры. 13

- Для балок покрытия – меняются и размеры сечений.
- Для колонн – более целесообразно изменение армирования и прочности бетона, а поперечное сечение оставлять постоянным.
- Формы для изготовления конструкций используются многократно, за счет чего снижается стоимость, несмотря на некоторый перерасход бетона.
- Составлены каталоги сборных железобетонных конструкций, которыми руководствуются при проектировании различных зданий. По мере накопления опыта и развития техники типовые элементы совершенствуются, создаются более эффективные.

Унификация размеров и конструктивных схем здания

- Для широкого применения использования типовых элементов расстояния между колоннами в плане и высоту этажей унифицируют, т.е. приводят к ограниченному числу размеров.
- Основой унификации служит единая модульная система, предусматривающая градацию размеров на базе модуля **100мм** или укрупненного модуля кратного **100мм**.
- Для одноэтажных зданий с мостовыми кранами шаг колонн **6м** или **12м**.
- В поперечном направлении расстояния между разбивочными осями здания (пролеты здания) принимаются кратными укрупненному модулю **6м**, т.е. **18, 24, 30м** и т.д. Высота от пола до низа основной несущей конструкции принимается кратной укрупненному модулю **6М (0,6м)**, например, **10,8, 12, 13,2, до 18м**.

- Для многоэтажных промышленных зданий принята унифицированная сетка колонн **6×6м; 6×12м; 12×12м** при высоте этажа, кратной укрупненному модулю **12М (1,2м)**.
- Для многоэтажных гражданских зданий сетка колонн принимается на основе укрупненного **2М (0,2м)** размером **от 2,8м до 6,8м**, а высота этажей на основе укрупненного модуля **3М (0,3м)**, т.е. **2,7м; 3,3м; 3,6м**.
- Унифицированные нагрузки на перекрытия принимаются кратными **500Па**.
- В условиях применения унифицированных конструктивных схем и широкого использования типизации элементов сборных конструкций необходима взаимная увязка размеров зданий и их элементов.

- Предусмотрено три категории размеров:
 - **номинальные** – расстояния в плане между разбивочными осями, определяющими членение здания на планировочные элементы или определяющие расположение стен и отдельных опор;
 - **конструктивные** – проектные размеры сборных элементов, отличающихся от номинальных на величину швов или зазоров (**30мм и более**);
 - **натурные** – фактические размеры сборных элементов, отличающиеся от конструктивных на величину допуска, что составляет **3...10мм**.
- Нормированные допуски учитывают при назначении конструктивных размеров элементов вместе с необходимыми зазорами в швах и стыках.

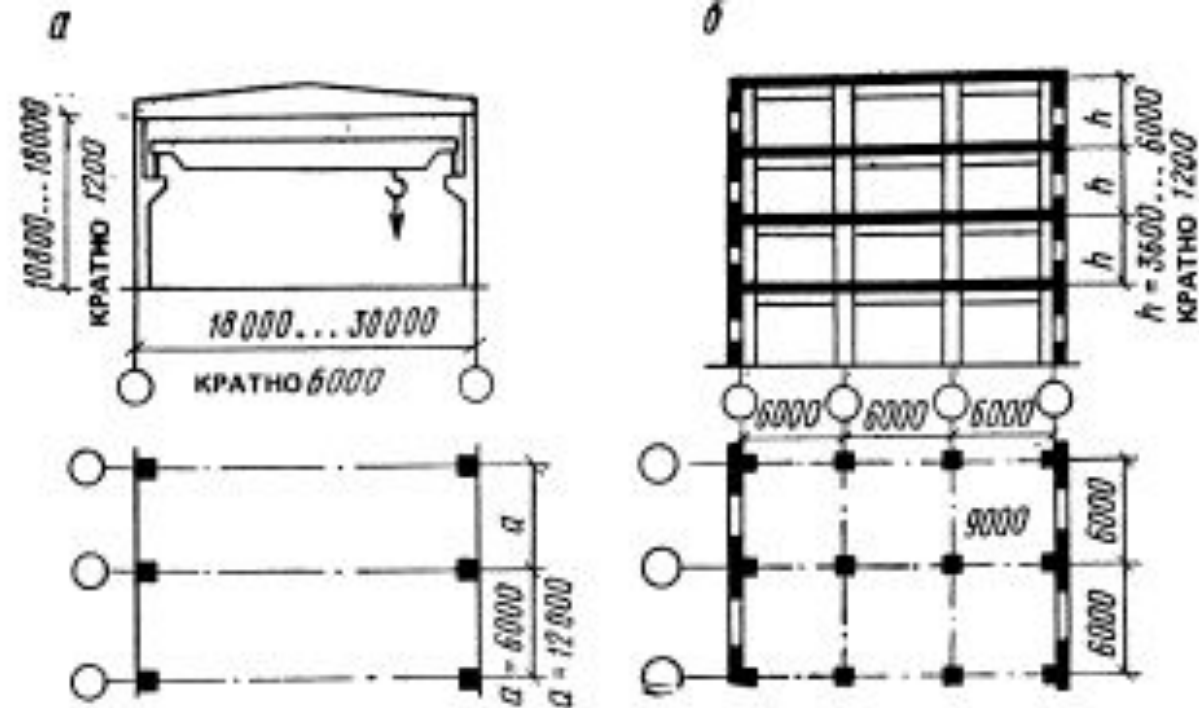


Рис. 10.3. Унифицированные размеры промышленных зданий
 а — одноэтажных; б — многоэтажных

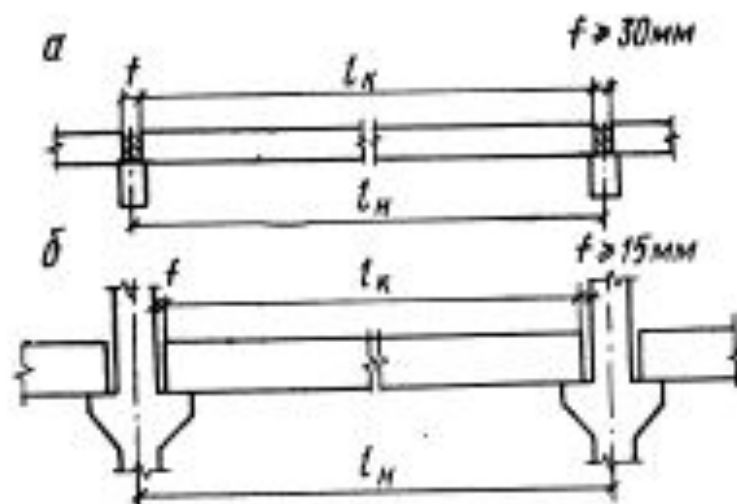


Рис. 10.4. Номинальные и конструктивные размеры сборных элементов

а — панелей; б — ригелей;
 f — зазор; l_k — конструктивная длина; l_n — номинальная длина

Укрупнение элементов

- В процессе проектирования сборные железобетонные элементы следует укрупнять. При этом уменьшается число монтажных операций по их подъему и установке, уменьшается также и число стыковых сопряжений, повышается степень заводской готовности, уменьшается объем отделочных работ на площадке.
- В гражданских зданиях панели перекрытия удобно выполнять размером на комнату, панели стен – высотой на этаж и шириной на комнату, иногда на две комнаты.
- В промышленных зданиях удобно применять беспрогонное покрытие, когда плиты покрытия укладываются непосредственно на фермы без промежуточных прогонов.

- Степень укрупнения ограничивается предельной массой и габаритами, зависящими от способа перевозки.
- При проектировании следует стремиться к равной массе монтажных элементов, соответствующей максимальной грузоподъемности монтажного крана.
- По условиям автомобильных и железнодорожных перевозок длина ограничивается **24м**.
- Следует создавать конструкции с облегченной формой сечения, тонкостенные, пустотные и т.д., а также использовать легкие конструкционные бетоны и высокопрочные бетоны, что позволяет уменьшить массу монтажных элементов.

Технологичность сборных элементов

- Технологичными называют элементы, конструкция которых допускает их массовое изготовление на заводе или полигоне с использованием высокопроизводительных машин и механизмов без трудоемких ручных операций.
- Технологичность конструкций зависит от технологии изготовления. Пример, членение многоэтажного здания на отдельные элементы (колонны и ригели), если колонны с большими консолями (**см. рис**). При таком членении здания на элементы при изготовлении колонн на заводе с использованием конвейерной или при поточно-агрегатной технологии они будут не технологичны (**рассмотреть почему**). С точки зрения действующих в стыке усилий это решение оптимально. При изготовлении их на построечном полигоне и в условиях стендового способа производства колонны с выступающими консолями могут быть вполне технологичны.

- Членение конструкций на сборные элементы в ряде случаев определяется требованием технологичности монтажа. Колонны многоэтажных зданий соединяют на высоте **800...1000мм** от уровня перекрытия исходя из удобства монтажа.
- Конструкцию стыков сборных элементов проектируют с учетом обеспечения их прочности и технологичности монтажа. Объем монтажной сварки должен быть относительно небольшим, а работы по замоноличиванию стыков не трудоемкими.
- В сборных элементах следует предусматривать устройства для их подъема (монтажные петли, специальные строповочные отверстия). Для изготовления монтажных петель следует использовать только горячекатаную арматурную сталь с площадкой текучести, которая лучше сопротивляется динамическим усилиям при подъеме, класса А-II марки 10ГТ и класса А-I марки ВСтЗсп2. Прочность сечения петель проверяется расчетом.

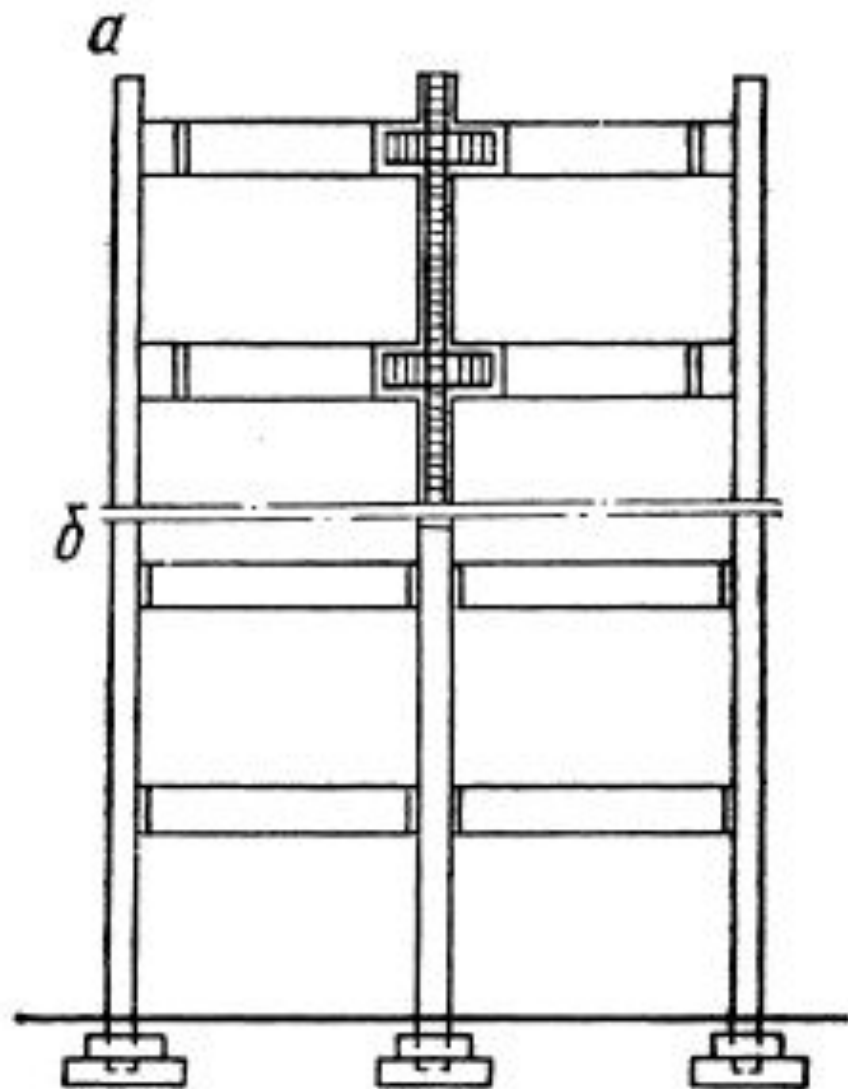


Рис. 10.5. Членение многоэтажной рамы на сборные элементы

а — с выносными консолями колонн; б — прямолнейные

Расчетные схемы сборных элементов в процессе транспортирования и монтажа

- Элементы сборных конструкций при транспортировании, подъеме и монтаже испытывают нагрузку от собственного веса.
В этом случае расчетные схемы элементом могут существенно отличаться от их расчетных схем в проектном положении.
- Сечение, запроектированное на восприятие усилий в проектном положении, может оказаться недостаточным для транспортирования и монтажа.
- Поэтому, расчетные схемы следует назначать таким образом, чтобы усилия при транспортировании и монтаже были минимальны.
- Для этого следует соответствующим образом располагать монтажные петли, строповочные отверстия и места опирания, которые показываются на рабочих чертежах.

- Сборные элементы рассчитываются на нагрузку от собственного веса с учетом коэффициента динамичности:
 - при транспортировании — **1,6**
 - при подъеме и монтаже — **1,4**
- В этом случае следует учитывать также коэффициент надежности по нагрузке.
- Рассмотреть в качестве примера расчетные схемы колонны и рамы при монтаже и транспортировании (**рис.10.6 и 10.7**).
- Элементы с сечениями большой высоты и относительно малой ширины, например высокие балки, фермы, стеновые панели, транспортируют в рабочем положении — «на ребро».
- В противном случае их несущая способность мала и другие меры по изменению расчетной схемы не эффективны.

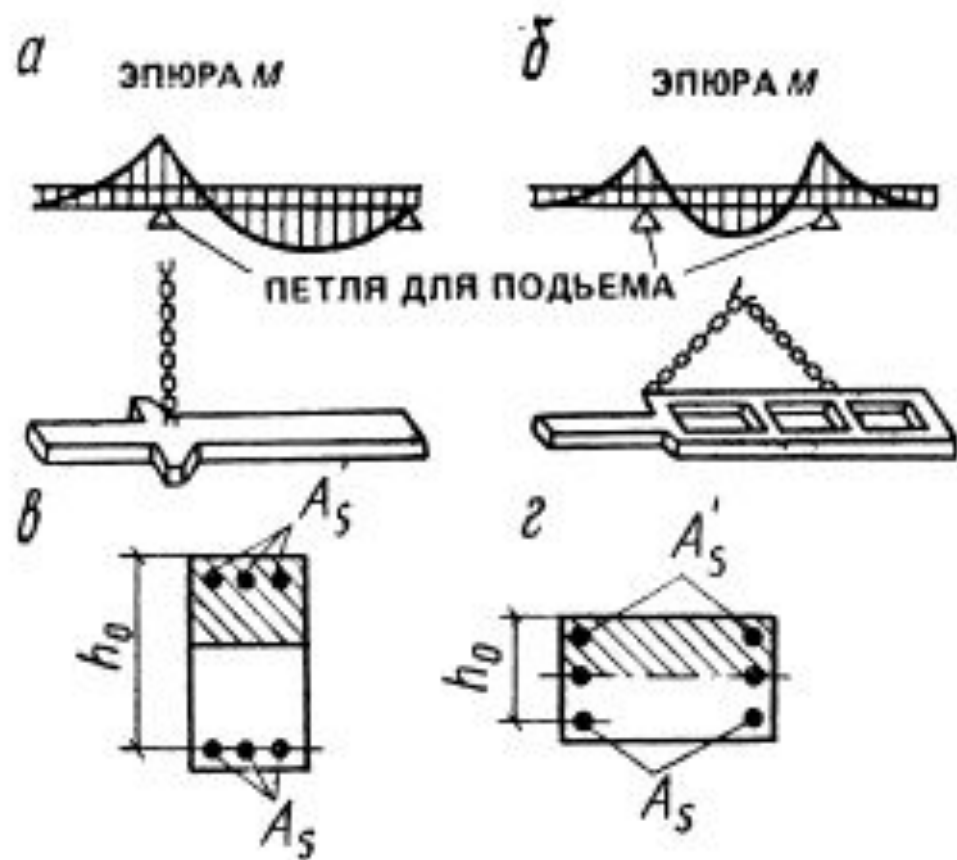


Рис. 10.6. Расчетные схемы сборных колонн в процессе монтажа

а — при подъеме за одну петлю; *б* — при подъеме за две петли; *в* — бо́льшая сторона сечения в плоскости изгиба при подъеме; *г* — меньшая сторона сечения в плоскости изгиба при подъеме

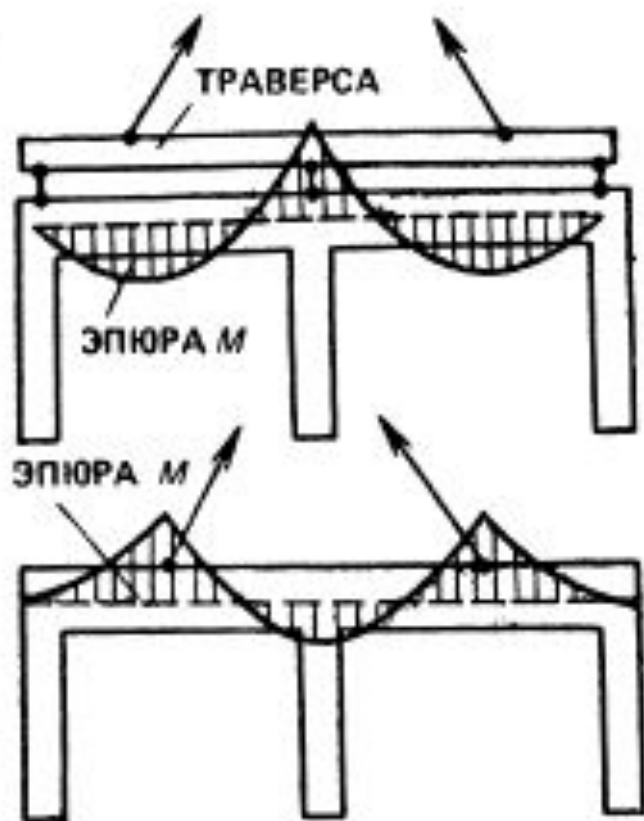


Рис. 10.7. Расчетные схемы сборной рамы в процессе монтажа

- При проектировании сборных конструкций необходимо:
 - устанавливать помимо класса бетона **отпускную прочность элементов заводского изготовления**, т.е. кубиковую прочность бетона при которой допускается осуществлять транспортирование и монтаж элементов;
 - **предусматривать конструктивные меры для обеспечения устойчивости отдельных элементов и всего здания в процессе монтажа;**
 - **выполнять ряд мер по охране труда.**

Стыки и концевые участки элементов сборных конструкций

- Стыки сборных конструкций классифицируют по функциональному признаку (назначение соединяемых элементов) и расчетно-конструктивному (вида усилий):
 - по функциональному признаку:
 - колоны с колонной;
 - ригелей с колоннами;
 - узлы опирания подкрановых балок на колонны;
 - узлы опирания балок;
 - узлы опирания ферм на колонны;
 - узлы опирания балок покрытия на колонны;

– по функциональному признаку (рис.10.8):

- работающие на сжатие;
- работающие на растяжение;
- работающие на изгиб.

- Усилия от одного элемента к другому передаются через соединяемую сваркой рабочую арматуру, металлические закладные детали, бетон замоноличивания.
- Стык должен обладать прочностью и жесткостью, геометрической неизменяемостью, технологичностью изготовления на заводе или монтаже.

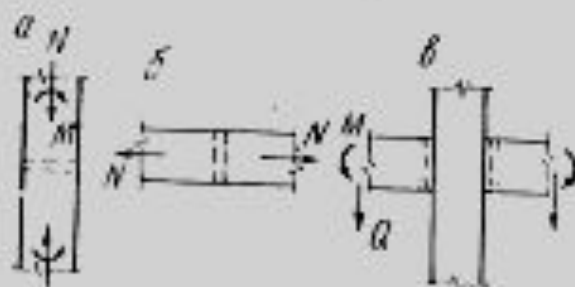


Рис. 10.8. Виды стыков сборных элементов и действующие в них усилия

a — стык колонны; *b* — то же элементов пояса ферм; *в* — то же ригель с колонной

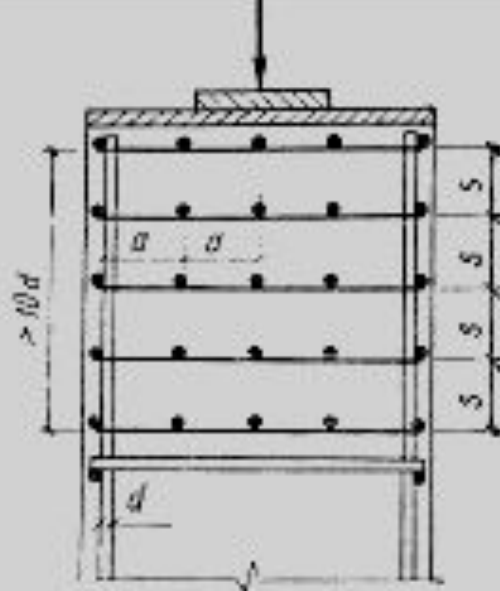


Рис. 10.9. Усиление поперечными сетками концевых участков стыкуемых элементов

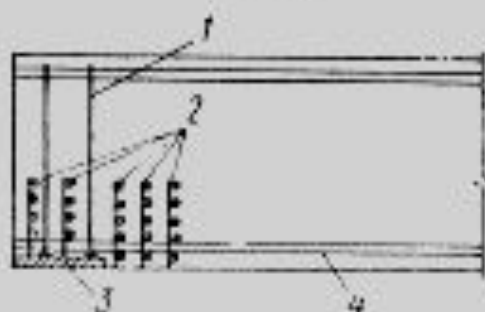


Рис. 10.10. Усиление концевых участков предварительно напряженных элементов

1 — дополнительные поперечные стержни; *2* — сетки косвенного армирования; *3* — стальная закладная деталь; *4* — продольная напрягаемая арматура

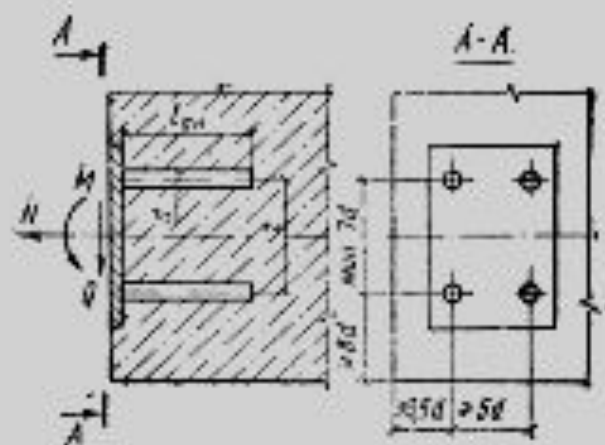


Рис. 10.11. Стальные закладные детали в стыках и соединениях элементов конструкций

Рис. 10.12. Закладная пластинка с нахлесточными (1) и нормальными (2) анкерами

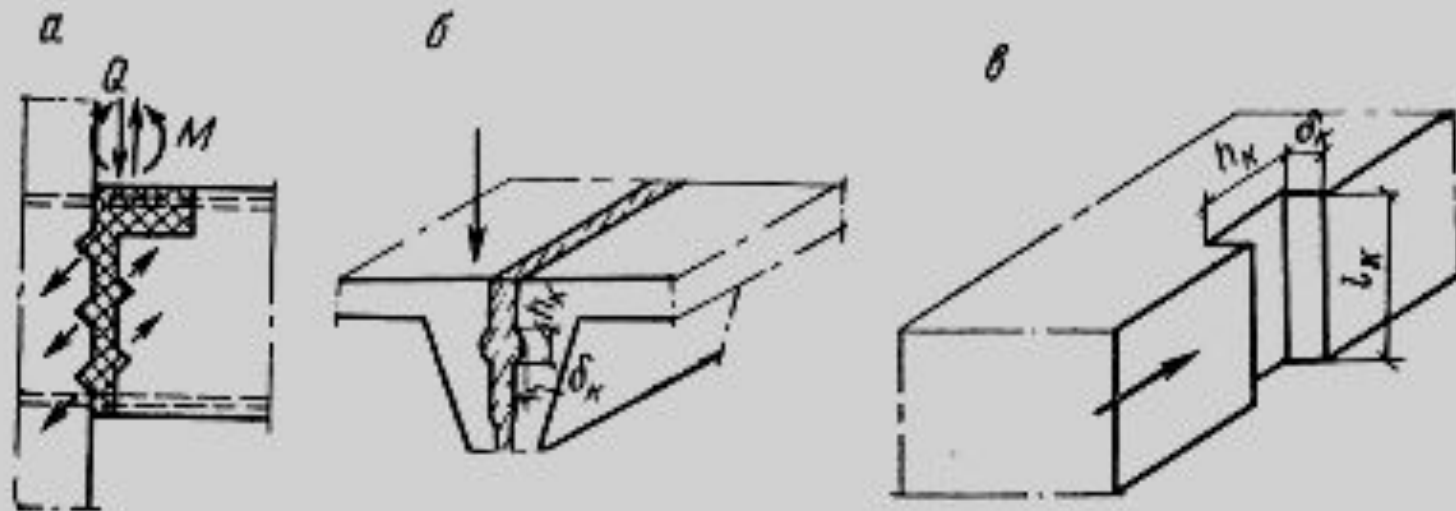
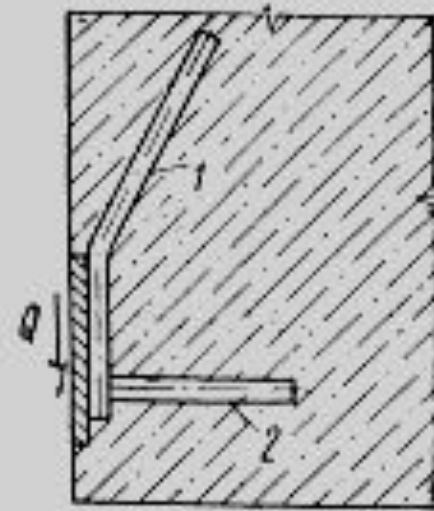


Рис. 10.13. Бетонные шпонки в стыках и соединениях элементов конструкций

а — в стыках ригеля с колонной; б — в соединениях панелей; в — обозначения размеров шпонки

Технико-экономическая оценка железобетонных конструкций

Для технико-экономической оценки отдельных элементов и конструкций в целом служат следующие показатели:

- расход арматуры, т;
- расход бетона, м³;
- трудоемкость изготовления и монтажа, чел.-дни;
- стоимость, руб.

Основной параметр – стоимость, состоящая из стоимости материалов и работ по изготовлению и монтажу конструкции, стоимости энергии, топлива и материалов на технологические нужды, а также цеховых и общезаводских расходов.