

10. Общие принципы проектирования железобетонных конструкций зданий

10.1. Принципы компоновки железобетонных конструкций

10.1.1. Конструктивные схемы

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 загрузке 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.

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.

10.1.2. 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 (***напомнить определение ползучести***). 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 в конструкциях, что в свою очередь может привести 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.1, 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.

10.2. Принципы проектирования сборных элементов

10.2.1. 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 большего 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.

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.

10.2.2. 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.

10.2.3. 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.

10.2.4. 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.

10.2.5. 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 элементов 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.

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.

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.**

10.2.6. 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 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.

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.

При проектировании зданий и сооружений чаще всего применяют вариантный способ сравнения стоимости железобетонных конструкций. Экономичность оценивают сопоставлением технико-экономических показателей нескольких вариантов конструктивных решений. Показатели определяют на основе чертежей конструкций, разработанных на той стадии проектирования, на которой сравнивают варианты. Наиболее достоверное сравнение можно получить на основе рабочих чертежей.