

# Основные положения проектирования железобетона

# Принципы проектирования

- Снижение материалоемкости;
- Снижение трудоемкости;
- Обеспечение надежности в течение всего срока эксплуатации здания.

# Меры по снижению материалоемкости:

- в полной мере использовать несущую способность конструкций;
- по возможности уменьшать класс бетона;
- изменять армирование в соответствии с действующими усилиями;
- учитывать совместную пространственную работу элементов конструкций (обеспечивать соединение сборных элементов связями, арматурными выпусками, замоноличиванием);
- снижать нагрузки (за счет применения легких бетонов, легких конструкций для ненесущих элементов, слоистых и многопустотных конструкций);
- предотвращать образование трещин при изготовлении и возведении без дополнительного армирования за счет технологических мер (подбор соответствующих составов бетона, режимов термообработки, формовочного оборудования и т. п.);
- принимать схемы перевозки, монтажа и извлечения из форм сборных элементов не требующие дополнительного армирования;
- предусматривать монтаж сборных элементов преимущественно с помощью траверс, обеспечивающих вертикальное направление подъемных строп;
- использовать подъемные петли для соединения сборных элементов между собой.

# Меры по снижению трудоемкости:

- Уменьшать номенклатуру типовых элементов в пределах одного здания;
- Применять элементы, изделия и детали массового производства;
- Укрупнять сборные элементы;
- Широко использовать высокопроизводительные машины и механизмы;
- Использовать оптимальные конструкции опалубки многократной оборачиваемости;
- Разрезку конструктивных элементов производить преимущественно с позиций обеспечения технологичности;
- Применять индустриальные решения выполнения скрытых и инженерных коммуникаций;
- Внедрять автоматизированные технологии управления процессом бетонирования.

# Меры по обеспечению надежности в течение срока эксплуатации здания:

- Применять материалы, имеющие необходимую долговечность и отвечающие требованиям ремонтпригодности;
- Выбирать конструктивные решения и материалы (класс по морозостойкости и по водонепроницаемости бетона, сталь арматуры и з/д) с учетом климатических районов строительства;
- Не допускать накопление влаги в конструкциях в процессе эксплуатации;
- Назначать параметры и физико-механические характеристики материалов с учетом возможного изменения свойств материалов конструкций во времени;
- Предусматривать меры по защите от коррозии арматуры и закладных деталей;
- Элементы конструкций, срок службы которых меньше срока службы здания проектировать так, чтобы их смена не нарушала смежные конструкции.

- Проект выполняется на основании *задания на проектирование*;
- Стадийность:
  - В одну стадию – **рабочий проект** (по типовым проектам, несложные объекты);
  - В две стадии – **проект и рабочая документация** (крупные и сложные объекты);

# Схема проектирования

- **Выбор конструктивной и технологической систем здания;**
- **Компоновка** объемно-планировочного решения
- **Выбор материала** – подбор соответствующих показателей бетона, арматуры, закладных деталей;
- **Определение усилий** (изгибающих моментов, продольных и поперечных усилий) для расчета несущих элементов;
- **Подбор геометрических параметров несущих элементов** – окончательный выбор размеров сечений элементов, диаметра, количества и шага арматуры, параметров анкеровки, закладных деталей;
- **Разработка рабочих чертежей**

# **Конструктивные системы зданий из железобетонных конструкций**



# Конструктивные системы зданий

- Конструктивная система (КС) здания определяется типом **вертикального несущего элемента**.
- Если **вертикальный несущий элемент** – колонна, то каркасная КС, если стена, то **стенная (бескаркасная) КС**, если ствол, то – **ствольная КС**.
- В **рамной КС** **пространственная жесткость** каркаса обеспечивается жесткими узлами сопряжения ригелей с колоннами, в **связевой** – связевыми блоками (диафрагмами жесткости), в **рамно-связевой** – жесткими узлами и диафрагмами жесткости.

# Выбор конструктивных систем

Определяется областями применения различных конструктивных систем:

- **Каркасные** – производственные и общественные здания, где требуются большие помещения, здания гибкой, индивидуальной планировки, в т.ч. жилые;
- **Стеновые** – жилые и административные здания с небольшими изолированными помещениями;
- **Ствольные** – высотные жилые и административные здания при ограниченных площадях застройки, градостроительные

Кроме того, выбор конструктивных систем определяется особенностями природно-климатических условий:

- сейсмичности;
- просадочности грунтов;
- вечномёрзлого состояния грунтов;
- жаркого или холодного климата;
- обрабатываемой территории;

# Технологические системы зданий из железобетонных конструкций

- Сборные;
- Монолитные;
- Сборно-монолитные.

**Сборные** конструкции, возводятся на строительной площадке из заранее изготовленных элементов заводского изготовления.

В целях повышения эффективности производства и качества продукции сборные элементы изготавливают на высокомеханизированных и автоматизированных предприятиях сборного железобетона, специализированных на выпуск определенного ассортимента изделий и конструкций.

В **МОНОЛИТНЫХ** конструкциях укладка арматуры и бетонной смеси (товарного бетона) осуществляются непосредственно на строительной площадке в заранее подготовленную опалубку.

В **сборно-монолитных** конструкциях, сборные элементы заводского изготовления объединяются в монолитные конструкции замоноличиванием на строительной площадке. Сборные элементы часто применяются в качестве отдельных элементов

# Сборные конструкции

## ***Достоинства:***

- достигается индустриализация и максимальная механизация строительства;
- сокращаются сроки возведения объектов;
- используются высокопрочные бетоны и арматура, что приводит к экономии материала;
- повышается качество изготовления изделий.

## ***Недостатки:***

- значительные затраты на создание и реконструкцию производственной базы;
- транспортные расходы;
- трудоемкость, высокая стоимость и металлоемкость стыков;
- снижение жесткости элементов и конструкций в целом вследствие нарушения общей пространственной неразрезности (статической неопределимости).

# Монолитные конструкции

## ***Достоинства:***

- пространственная неразрезность (высокая статическая неопределимость), что обеспечивает монолитным конструкциям меньшую материалоемкость, особенно, металлоемкость по сравнению с другими видами железобетонных конструкций;
- исключаются трудоемкие работы по устройству стыков;
- возможность создания разнообразных объемно-планировочных и архитектурных решений.

## ***Недостатки:***

- сезонность работ;
- устройство трудоемких и дорогостоящих опалубки и подмостей;
- продолжительность сроков строительства, зависящая от длительности твердения бетона в естественных условиях;
- низкая индустриализация строительства, объясняющаяся особенностями приготовления бетонной смеси, ее транспортирования и укладки, распалубки и т. д.

# Выбор технологических систем

- ***Сборные*** – наличие развитой базы строительной индустрии, широкая номенклатура типовых серий;
- ***Монолитные*** – требования к повышенной жесткости зданий, градостроительные акценты, индивидуальная и гибкая планировка.



# Компоновка

Включает:

- Разбивку осей;
- Привязку к разбивочным осям;
- Назначение деформационных швов;
- Установление генеральных размеров несущих конструкций

# Разбивка осей здания

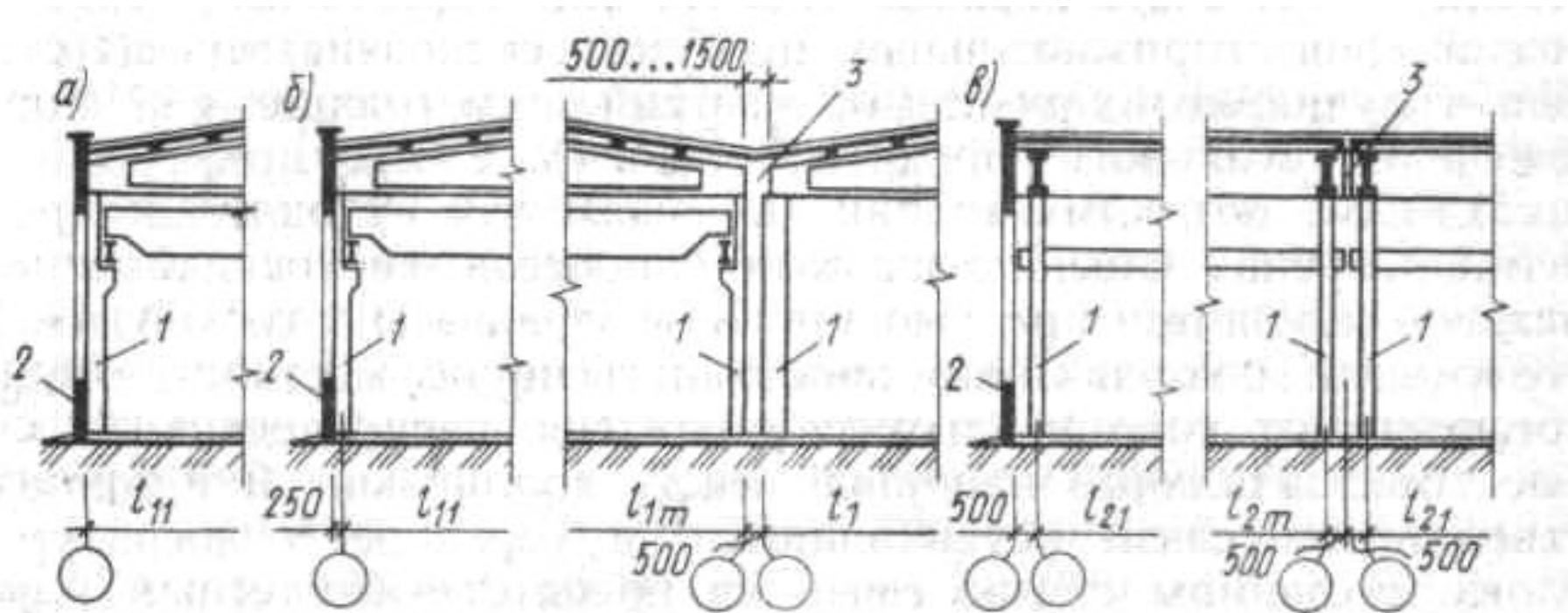
Разбивка осей (сетки колонн) здания предопределяется его назначением, габаритами, этажностью, конструктивной системой.

Наибольшая сетка колонн характерна для *одноэтажных производственных зданий (ОПЗ)*, в которых крупногабаритное оборудование размещается как правило на собственном фундаменте. Сетка колонн предопределяется пролетами несущих конструкций покрытия и составляет вдоль ригелей 12...36 м, поперек ригелей 6...12 м.

В *многоэтажных зданиях (МЭЗ)* сетка колонн предопределяется величиной нагрузок на междуэтажные перекрытия, видом и пролетами основных несущих конструкций междуэтажных перекрытий. Сетка колонн принимается в пределах 3...7,2 м.

# Привязка колонн к разбивочным осям в поперечном (а, б) и продольном (в) разрезе здания:

Привязка колонн к разбивочным осям в ОПЗ принимается **0** (нулевая) или **250** мм

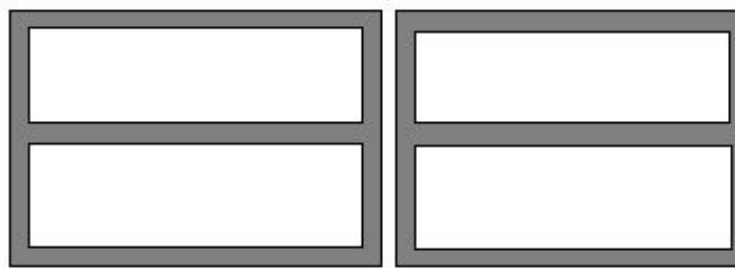
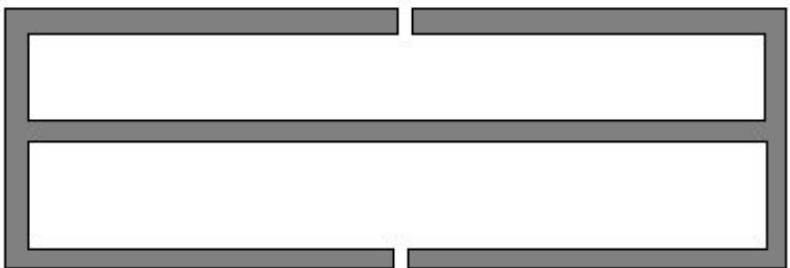
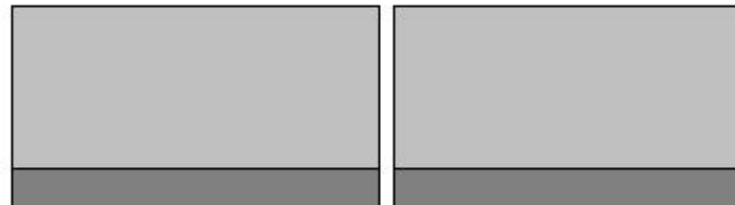


1 – колонна; 2 – наружная стена; 3 – температурный шов

# Деформационные швы

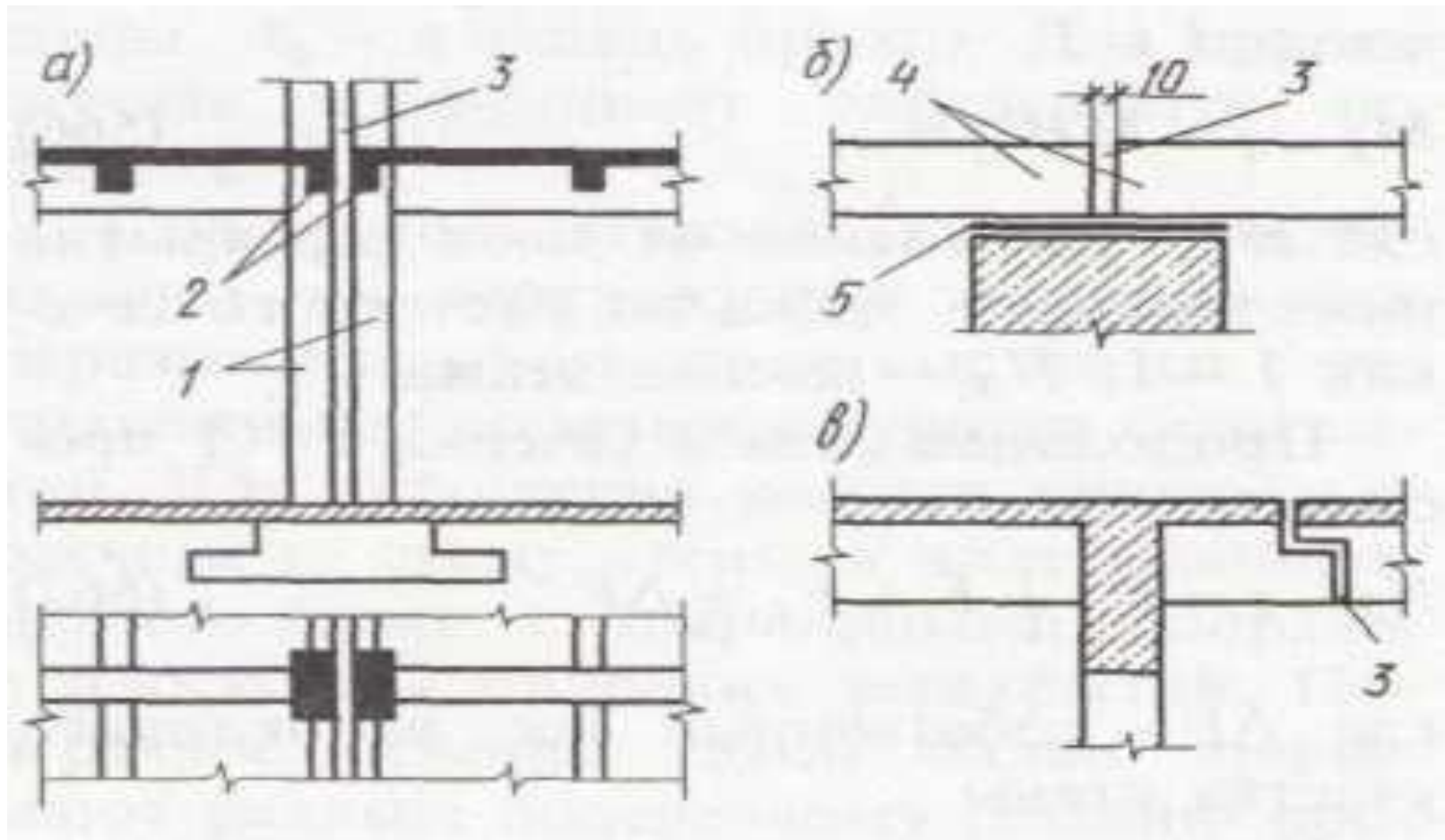
Виды деформационных швов:

- **Температурно-усадочные (ТУШ)** для снижения дополнительных деформаций и напряжений от изменения температуры и усадки бетона (*для протяженных зданий, длиной более нормируемых расстояний между ТУШ*);
- **Осадочные (ОШ)** – для обеспечения свободы деформаций разных участков здания при осадочных деформациях грунтов оснований (*неоднородные грунты, строительство здания очередями, пристройка нового здания к старому, перепады высот здания более чем на 10 м.*)

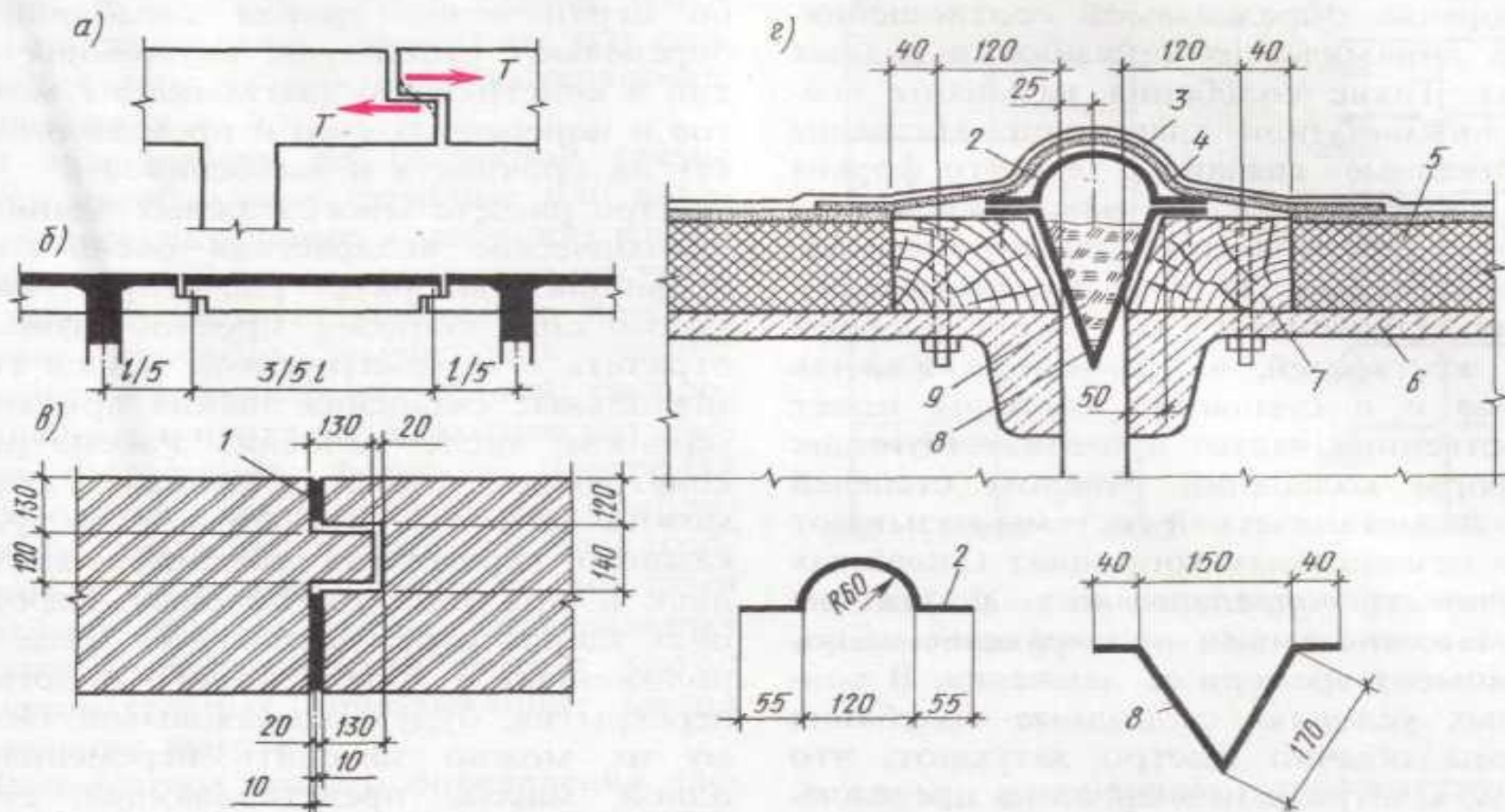


**Температурно-усадочный шов**

**Осадочный шов**



**Конструктивные схемы температурно-усадочных швов:** / — парные колонны; 2 — парные балки; 3 — температурно-усадочные швы; 4 — балки перекрытия; 5 - поверхность скольжения (прокладки)



### Конструкция температурно-усадочных швов:

а — схема усилий от температурных и усадочных деформаций; б — схема шва в перекрытиях; в — деталь шва в стенах; г — деталь шва в покрытии; / — полимерный герметик (толь, просмоленная пакля, картон); 2 — крышка из кровельной стали; 3 — рулонный ковер; 4 — асфальтная (цементная) стяжка; 5 — утеплитель; 6 — плита покрытия; 7 — деревянное обрамление; 8 — конус из кровельной стали; 9 — термоизоляция

# Наибольшие расстояния между температурно-усадочными швами, м

Вид конструкций	В отапливаемых зданиях	В неотапливаемых зданиях	На открытом воздухе
<b>Железобетонные</b>			
сборные каркасные одноэтажные	72	60	48
каркасные и сплошные	60	50	40
монолитные каркасные	50	40	30
сплошные	40	30	25
<b>Каменные</b>			
из глиняного кирпича и крупных блоков	60...120	40...80	30...60
из силикатного кирпича и бетонных камней	40...60	30...40	20...30



# Выбор материала

В зависимости от условий эксплуатации конструкций (низкие температуры, агрессивная среда, взрыво- и пожароопасность и пр.) сводится к выбору:

- материала несущих конструкций – вида бетона (тяжелый, легкий), класса прочности бетона, марки бетона по морозостойкости, водонепроницаемости, огнестойкости, марки стали арматуры и закладных деталей и пр.;
- защитного покрытия.

# Выбор бетона в зависимости от условий эксплуатации по СНиП2.03.01 – 84\*

+

Условия работы конструкций		Марка бетона, не ниже						
характеристика режима	расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С	по морозостойкости			по водонепроницаемости			
		для конструкций (кроме наружных стен отапливаемых зданий) зданий и сооружений класса по степени ответственности						
		I	II	III	I	II	III	
1. Попеременное замораживание и оттаивание:								
а) в водонасыщенном состоянии (например, конструкции, расположенные в сезонно-оттаивающем слое грунта в районах вечной мерзлоты)		Ниже минус 40 Ниже минус 20 до минус 40 включ. Ниже минус 5 до минус 20 включ. Минус 5 и выше	F300 F200 F150 F100	F200 F150 F100 F75	F150 F100 F75 F50	W6 W4 W2 Не нормируется	W4 W2 Не нормируется Не нормируется	W2 Не нормируется
б) в условиях эпизодического водонасыщения (например, наземные конструкции, постоянно подвергающиеся атмосферным воздействиям)		Ниже минус 40 Ниже минус 20 до минус 40 включ. Ниже минус 5 до минус 20 включ. Минус 5 и выше	F200 F100 F75 F50	F150 F75 F50 F35*	F100 F50 F35* F25*	W4 W2 Не нормируется То же	W2 Не нормируется То же	Не нормируется Не нормируется
в) в условиях воздушно-влажного состояния при отсутствии эпизодического водонасыщения (например, конструкции, постоянно подвергающиеся воздействию окружающего воздуха, но защищенные от воздействия атмосферных осадков)		Ниже минус 40 Ниже минус 20 до минус 40 включ. Ниже минус 5 до минус 20 включ. Минус 5 и выше	F150 F75 F50 F35*	F100 F50 F35* F25*	F75 F35* F25* F15**	W4 Не нормируется То же "	W2 Не нормируется То же "	Не нормируется
2. Возможное эпизодическое воздействие температуры ниже 0 °С:								
а) в водонасыщенном состоянии (например, конструкции, находящиеся в грунте или под водой)		Ниже минус 40 Ниже минус 20 до минус 40 включ. Ниже минус 5 до минус 20 включ. Минус 5 и выше	F150 F75 F50 F35*	F100 F50 F35* F25*	F75 F35* F25* Не нормируется	" " " "	" " " "	" " " "
б) в условиях воздушно-влажного состояния (например, внутренние конструкции отапливаемых зданий в период строительства и монтажа)		Ниже минус 40 Ниже минус 20 до минус 40 включ. Ниже минус 5 до минус 20 включ. Минус 5 и выше	F75 F50 F35* F25*	F50 F35* F25* F15**	F35* F25* F15** Не нормируется	" " " "	" " " "	" " " "

□

# Выбор арматуры в зависимости от условий эксплуатации (по СНиП 2.03.01-84\*)

+

Вид арматуры и документы, регламентирующие ее качество	Класс арматуры	Марка стали	Диаметр арматуры, мм	Условия эксплуатации конструкции при нагрузке									
				статической					динамической и многократно повторяющейся				
				в отапливаемых зданиях	на открытом воздухе и в неотапливаемых зданиях при расчетной температуре, °С				в отапливаемых зданиях	на открытом воздухе и в неотапливаемых зданиях при расчетной температуре, °С			
					до минус 30 включ.	ниже минус 30 до минус 40 включ.	ниже минус 40 до минус 55 включ.	ниже минус 55 до минус 70 включ.		до минус 30 включ.	ниже минус 30 до минус 40 включ.	ниже минус 40 до минус 55 включ.	ниже минус 55 до минус 70 включ.
Стержневая горячекатаная гладкая, ГОСТ 5781-82 и ГОСТ 380-71	А-I	Ст3сп3	6—40	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—
		Ст3пс3	6—40	+	+	+	—	—	+	+	—	—	—
		Ст3кп3	6—40	+	+	—	—	—	+	+	—	—	—
		ВСт3сп2	6—40	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		ВСт3пс2	6—40	+	+	+	—	—	+	+	+	—	—
		ВСт3кп2	6—40	+	+	—	—	—	+	+	—	—	—
		ВСт3Гпс2	6—18	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
То же, ТУ 14-15-154-86		Ст3сп	5,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Стержневая горячекатаная периодического профиля, ГОСТ 5781-82	А-II	ВСт5сп2	10—40	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
		ВСт5пс2	10—16	+	+	+	+	—	+	+	+	—	—
			18—40	+	+	—	—	—	+	+	—	—	—
		18Г2С	40—80	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Ас-II	10ГТ	10—32	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	А-III	35ГС	6—40	+	+	+	+	—	+	+	+	—	—
		25Г2С	6—8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
			10—40	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
		32Г2Рпс	6—22	+	+	+	+	—	+	+	+	—	—

# Выбор стали закладных деталей (по СНиП2.03.01 – 84\*)

Характеристика закладных деталей	Расчетная температура, °С			
	до минус 30 включ.		ниже минус 30 до минус 40 включ.	
	марка стали по ГОСТ 380-71	толщина проката, мм	марка стали по ГОСТ 380-71	толщина проката, мм
1. Рассчитываемые на усилия от нагрузок: а) статических б) динамических и многократно повторяющихся	ВСт3кп2	4—30	ВСт3пс6	4—25
	ВСт3пс6	4—10	ВСт3пс6	4—10
	ВСт3Гпс5	11—30	ВСт3Гпс5	11—30
	ВСт3сп5	11—25	ВСт3сп5	11—25
2. Конструктивные (не рассчитываемые на силовые воздействия)	БСт3кп2	4—10	БСт3кп2	4—10
	ВСт3кп2	4—30	ВСт3кп2	4—30

При расчетной температуре ниже минус 40 град. С марка стали производится по СНиПШ-23-81\*

# Определение расчетных усилий

- Выполняется для всех стадий «жизни» конструкций – изготовления, перевозки, хранения, монтажа и эксплуатации с учетом наиболее неблагоприятных схем и сочетаний всех возможных нагрузок и воздействий, включая аварийные;
- Определение усилий производится по расчетным схемам наиболее точно отражающим конструктивную схему.
- Расчет производится с учетом изменения жесткости железобетонного элемента при образовании трещин, развития деформаций ползучести бетона, длительного модуля деформации бетона, перераспределения усилий в статически неопределимых системах.

# Подбор геометрических параметров несущих элементов

- Является главной целью расчетов, по результатам которых составляются рабочие чертежи
- Сводится к окончательному выбору размеров сечений элементов, диаметра, количества и шага арматуры, параметров анкеровки, закладных деталей.
- Конструирование арматуры выполняется по результатам расчетов с учетом правил конструирования, предъявляемых нормами проектирования по технологическим и другим требованиям.

# Разработка рабочих чертежей

- Завершающий этап проектирования
- Содержат: общие проектные решения, планы и разрезы здания, опалубочные чертежи и чертежи армирования элементов, чертежи арматурных изделий, спецификации элементов и арматуры.

# В рабочих чертежах отражают

- В *чертежах* конструктивных элементов должны быть указаны:
  - классы и марки бетона, арматуры, камней и растворов по прочности, морозостойкости (в необходимых случаях по водонепроницаемости);
  - отпускная прочность, влажность и плотность бетона;
  - ГОСТы и ТУ на арматуру, стальные детали, сварные соединения;
  - требования по контролю качества;
  - расчетные схемы и усилия, нагрузки;
  - допуски на изготовление и монтаж конструкций;
  - при необходимости – способы антикоррозионной защиты, защиты от воздействия высоких температур и пр.;
  - в сборных элементах – наименьшие размеры опорных участков, места для их захвата, требования о нанесении меток (рисок) и маркировки (надписи).
- Рекомендуется указывать способ возведения конструкций *в зимнее время* при отрицательных температурах, обеспечивающий прочность и устойчивость здания как в период возведения так и в последующей эксплуатации