

ЛЕКЦИЯ 5

Железобетон в условиях воздействия отрицательных температур

Показатели отрицательных температур по некоторым регионам РФ

Город	Средняя температура в январе °С	Отклонение от средней температуры в январе °С	Продолжительность сезона отрицательных температур $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ (сутки)
Москва	-10	20	145
С/Петербург	-10	15	139
Сочи	0	5	0
Владимир	-10	20	148
Казань	-15	20	156
Владивосток	-10	10	132
Иркутск	-20	-	138
Магадан	-25	-	214
Тюмень	-20	15	169
Верхоянск	-50	-	234

Морозостойкость бетона

Морозостойкость определяет долговечность элементов зданий и сооружений, подвергающихся многократному замораживанию и оттаиванию. К ним относятся наружные стены, мосты, эстакады, покрытия и ограждения дорог, градирни и т.д.

Морозостойкость устанавливается путем переменного замораживания и оттаивания насыщенных водой образцов-кубов.

Марка по морозостойкости обозначает число циклов при котором уменьшение прочности или массы бетонных образцов не превосходит 25%

При расчетной температуре - 40⁰С
и ниже уменьшают расстояние
между температурными швами и
проверяют расчетом.

Требования к бетонам

- Рекомендуется применять бетоны плотной структуры с минимально возможным количеством свободных пор.
- Для замоноличивания стыков следует применять бетон класса не ниже чем бетона соединяемых конструкций.
- При производстве бетонных работ в условиях отрицательных температур необходимо обеспечить прогрев для набора необходимой прочности бетона.
- В конструкциях, эксплуатируемых при температуре -30°C и ниже коэффициент надежности по бетону устанавливается специальными инструкциями.
- Для конструкций, подвергаемых действию окружающей среды и температуре -50°C - 40°C принимают марку бетона по морозостойкости не ниже F75.

Требования к арматуре

- При низкой отрицательной температуре не применяются стали класса А300 марки Ст5пс диаметром 18-40мм, а также А240 марки Ст3кп.
- Для монтажных петель следует применять арматуру класса А240 марок Ст3сп и Ст3пс.
- При температурах 30 - 40⁰С и статических нагрузках применяют закладные детали из стали марки ВСт3пс6, а при динамических нагрузках марки Вст3сп5.

Особенности работы с бетоном при отрицательных температурах



Бетонируем с энтузиазмом



Таблица твердения бетонных смесей в различные сроки и температуре

Марка бетона	Срок твердения, суток	Среднесуточная температура бетона, °С					
		-3	0	+5	+10	+20	+30
		прочность бетона на сжатие, % от 28-суточной					
М200 - М300 на портландце- менте М-400, М-500	1	3	5	9	12	23	35
	2	6	12	19	25	40	55
	3	8	18	27	37	50	65
	5	12	28	38	50	65	80
	7	15	35	48	58	75	90
	14	20	50	62	72	90	100
	28	25	65	77	85	100	-

**Для снижения негативного
влияния отрицательных
температур и уменьшения
сроков твердения бетона
используют различные
технологические,
конструктивные и иные
мероприятия**

Наименование добавки	Наименование добавки и буквенное обозначение в составе марки бетона	Кол-во сухого вещества добавки в % от массы цемента
Ускорители твердения		
Твердение	<ul style="list-style-type: none"> • Сульфат натрия (СН) 	0,5 - 1,0
его	<ul style="list-style-type: none"> • Нитрат натрия (НН) 	0,5 - 1,0
ток	<ul style="list-style-type: none"> • Хлорид кальция (ХК) 	0,5 - 2,0
	<ul style="list-style-type: none"> • Нитрат кальция (НК) 	1,0 - 3,0
	<ul style="list-style-type: none"> • Нитрит-нитрат-сульфат натрия (ННСН) 	1,0 - 2,0
	<ul style="list-style-type: none"> • Нитрит нитрат-хлорид кальция (ННХК) 	2,0 - 3,0
Противоморозные		
ону	<ul style="list-style-type: none"> • Хлорид натрия в сочетании с хлоридом кальция (ХН+ХК) 	Количество зависит от температуры воздуха 1,5 - 2,5
альной	<ul style="list-style-type: none"> • Нитрат натрия в сочетании с хлоридом кальция (НН+ХК) 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Поташ (П) 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Нитрат кальция с мочевиной (НК+М) 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Соединение нитрата кальция с мочевиной (НКМ) 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Нитрит-нитрат хлорид кальция (ННХК) 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Нитрит-нитрат хлорид кальция в сочетании с мочевиной (ННХК+М) 	

Прогрев бетона зимой способом «термоса»

При затворении бетонной смеси водой, выделяется тепло (экзотермическая реакция). Если тепло сберечь с помощью утепленной опалубки и укрывания наружных поверхностей элемента опилками, шлаком или камышитом, тепло внутри может сохраняться.

Время зависит от объемности конструкции и площади ее теплоотдачи. Рассчитать его можно по формуле

$$M=A/V,$$

где

M - степень массивности конструкции, A - площадь теплоотдачи конструкции, V - ее объем.

- Если $M \geq 10$, «метод термоса» работает.
- Если $M=8-10$, метод эффективен, если смесь прогреть до $60-80^{\circ}\text{C}$.
- В остальных случаях применение метода не даст нужного результата.

Укрытие конструкций для утепления



Прогрев бетона с помощью нагревательного кабеля

Обычно используется спецпровод ПНСВ («Провод Нагревательный Сталь Винил» - материал жилы и оболочки), из одной стальной жилы в ПВХ изоляции; сечением 1,2 мм.

Провод закрепляется на каркасе из арматуры. Длину секций и шаг между ними определяют, исходя из напряжения трансформатора (при $U=220\text{В}$, длина составляет 110м).

Тепло, выделяемое проводами, нагревает смесь до $60-70^{\circ}\text{C}$, при расходе 50-55 м провода на 1 м^3 бетонной смеси.

Электроснабжение осуществляется трансформаторным устройством ППЭБ (3х380В), которое может прогреть 20-25 м^3 смеси.

Условия использования

- Температура окружающей среды не должна быть ниже -25°C .
- Провода не должны касаться друг друга; минимальное расстояние между ними 15 мм.
- Соединения провода с нагревателем выводятся из зоны обогрева.
- В конструкции делаются скважины, дающие доступ к проводам, чтобы контролировать ее температуру. Если она превышает норму, следует понижать напряжение в сети.



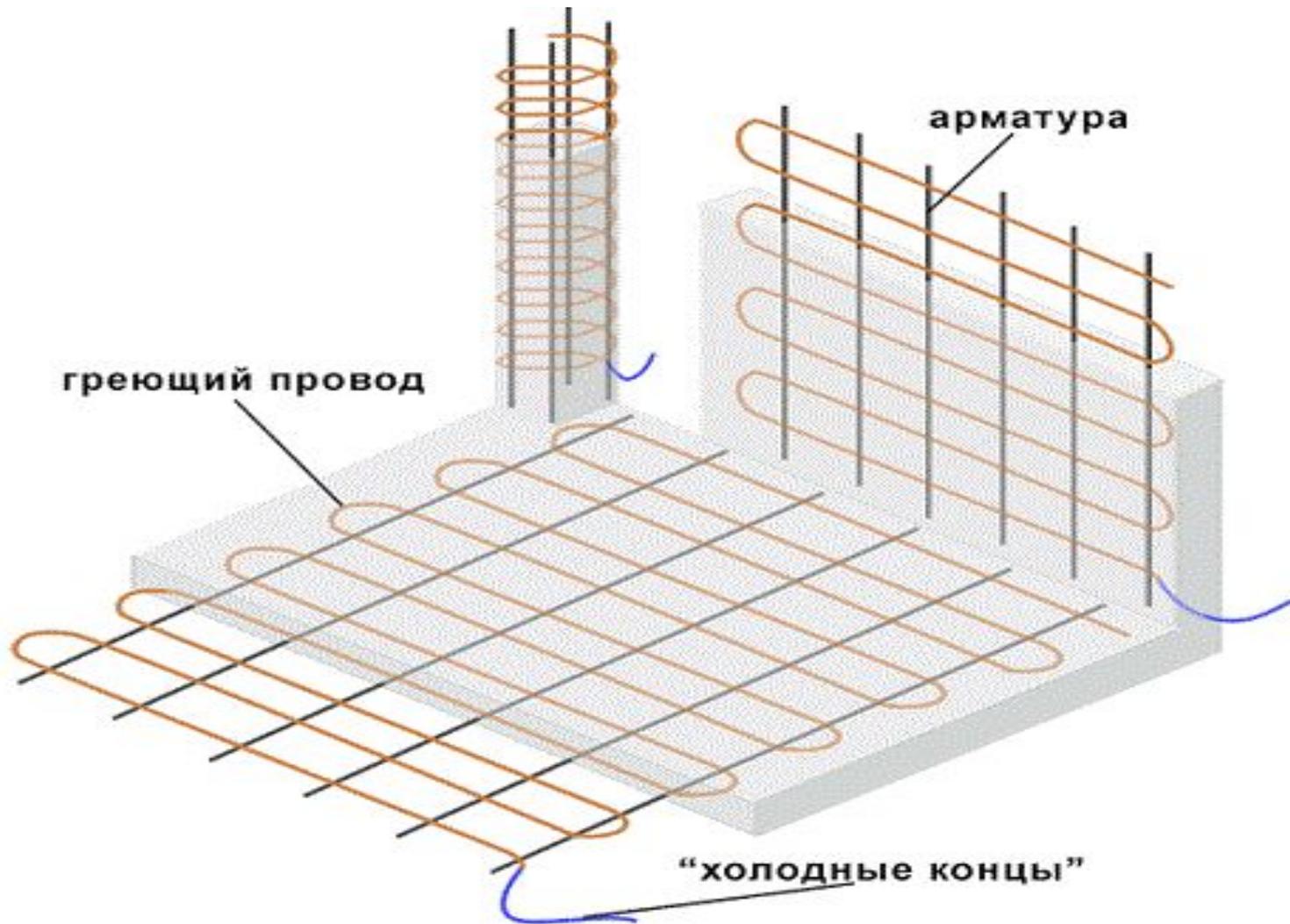
Фрагмент расположения кабелей



Существуют кабели, где не нужны трансформаторы. Их использование позволит немного сэкономить. Он очень удобен в использовании, но все же у обычного провода ПНСВ более широкие возможности для применения.



Схема обогрева



Бетонирование в термоактивной опалубке

Термоактивной называется стальная опалубка, на которой смонтированы нагревательные элементы и устроена наружная термоизоляция (обычно из стекло- или шлаковойлочных матов толщиной 50 мм). При использовании опалубки, ее укрывают брезентом или пленкой не пропускающей воздух.

Количество энергии для прогрева конструкции зависит от ее массивности, температуры окружающей среды, скорости ветра и теплопроводности опалубки.

Для использования опалубки температура смеси не должна быть ниже $+5^{\circ}\text{C}$. Основание перед заливкой нужно прогреть до $+10^{\circ}\text{C}$. Промерзший грунт прогревают на глубину более 30 см - для непучнистых грунтов. Температура промерзающего грунта и смеси в момент заливки должна быть не ниже $+15^{\circ}\text{C}$.



лубке

Способ прогрева бетона с помощью пара

Создание благоприятных условий для твердения бетона с помощью тепла и влажности, ускоряют процесс набирания прочности. При температуре прогрева $+70^{\circ}\text{C}$ в паронасыщенном состоянии, бетон за 25-30 часов наберет такую же прочность, как за 10-15 суток при обычных условиях.

Способ осуществляется с помощью т. н. «паровой рубашки». Оболочка укрывает конструкцию вместе с опалубкой, чтобы охватить всю ее поверхность парами низкого давления (на расстоянии 15 см).

«Паровая рубашка» делается из нескольких деревянных щитов, между которыми прокладывается толь. Их плотно подгоняют друг к другу, швы герметизируют, оставляют отверстия для гибких шлангов, по которым через каждые 5-6 м² подается пар.

Для перегородок, рубашку устраивают с одной стороны.

- Для колонн пар подается снизу через каждые 3,5 м.
- Пар пускают за полчаса до начала заливки бетона, чтобы предварительно прогреть конструкцию.

Трансформатор прогрева бетона ТСЗ(ПБ)-80

Мощность **80** кВа

Объем прогрева 40 м³

Вес 240 кг

Стоимость \approx 60000 руб.

