

Бетонирование с применением химических добавок.

Основная причина прекращения твердения бетонных смесей при воздействии низких температур – замерзания в них воды. Известно, что содержание в воде некоторых химических веществ резко снижает температуру ее замерзания. Благодаря этим химическим веществам вода при отрицательной температуре находится в жидкой фазе и способна взаимодействовать с цементом. Поэтому обладающие такими свойствами химические вещества называют противоморозными добавками.

В качестве противоморозных добавок применяют:

- хлорид кальция (ХК) CaCl_2 (ГОСТ 450-77) + хлорид натрия (ХН) NaCl (ГОСТ-13830-68);
- карбонат калия - поташ (П) K_2CO_3 (ГОСТ 10690-73);
- нитрит натрия (НН) NaNO_2 (ГОСТ 19906-74);
- хлорид кальция (ХК) + нитрит натрия (НН);
- нитрат кальция (НК) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (ГОСТ 4142-77) + мочевины (М) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (ГОСТ 2081-75Е);
- комплексное соединение нитрата кальция с мочевиной (НКМ) (ТУ 6-03-266-70);
- нитрит-нитрат кальция (ННК) (ТУ 603-7-04-74) + мочевины (М);
- нитрит-нитрат кальция (ННК) + хлорид кальция (ХК);
- нитрит-нитрат - хлорид кальция (ННХК) + мочевины (М).

Выбор противоморозных добавок и их оптимальное количество зависят от вида бетонируемой конструкции, степени ее армирования, наличия агрессивных сред и блуждающих токов, температуры окружающей среды.

Область применения добавок представлена в таблице №1.

Противоморозные химические добавки запрещается использовать при бетонировании предварительно напряженных конструкций, армированных термически упрочненной сталью; при возведении железобетонных конструкций для электрифицированных железных дорог и промышленных предприятий, где возможно возникновение блуждающих токов способствующих разрушению бетона.

Внесение химических добавок приводит к некоторому замедлению набора прочности бетоном по сравнению со скоростью твердения бетона в нормальных условиях. Так при внесении поташа прочность бетона в возрасте 28 суток при температуре окружающего воздуха $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляет 50%, а в возрасте 90 суток - 60%. При температуре $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ набор прочности протекает более интенсивно и к 28-ми суточному возрасту он может составлять 75%.

В зависимости от температуры наружного воздуха возможны различные сочетания добавок. Бетон с противоморозными добавками применяют в тех случаях, когда достигается набор критической прочности до их замерзания. Скорости набора прочности бетонами с противоморозными добавками в зависимости от температуры твердения даны в таблице №2.

Противоморозные добавки по разному влияют на свойства бетонной смеси и бетона. Например, CaCl_2 в бетоне быстро связывается, в связи с чем бетонная смесь густеет; концентрация CaCl_2 в жидкой фазе снижается, что может привести к замерзанию воды в бетоне. Если в бетонную смесь добавить более 2,5% CaCl_2 от массы цемента, то она быстро схватывается, особенно при температурах, близких к $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Поэтому CaCl_2 в качестве самостоятельной добавки не применяют.

Бетон с NaCl медленно набирает прочность в раннем возрасте. Кроме того, для сохранения жидкой фазы в бетоне при низких температурах требуется боль-

Таблица №1. Область применения добавок.

Тип конструкций и условия их эксплуатации	Добавки					
	НН	ХК+ХН	ХК+НН	НKM, НК+М, ННК+ХК	ННК+М, ННХК, ННХК+М	П
Железобетонные конструкции с арматурой диаметром, мм:						
более 5	+	-	+	+	+	+
5 и менее	+	-	+	+	-	+
Конструкции монолитные; стыки, имеющие выпуски арматуры или закладные части:						
без специальной защиты стали	+	-	-	+	-	+
с металлическими покрытиями	-	-	-	+	-	-
с комбинированными покрытиями	+	-	+	+	+	+
Железобетонные конструкции, предназначенные для эксплуатации:						
В воде	+	+	+	+	+	+
В неагрессивной газовой среде при относительной влажности воздуха до 60%	+	+	-	+	+	+
В агрессивной газовой среде	+	-	-	+	-	+

Примечание: Знак (-) означает запрещение применения.

Таблица №2 Скорость набора прочности бетона на портландцементках с противоморозными добавками % от R_{28}

Температура твердения, °C	Твердение бетона, сут.			
	7	14	28	90
Нитрит натрия				
-5	30	50	70	90
-10	20	35	55	70
-15	10	25	35	50
Хлорид натрия + хлорид кальция				
-5	35	65	80	100
-10	25	35	45	70
-15	15	25	35	50
-20	10	15	20	40
Нитрит кальция с мочевиной				
-5	30	50	70	90
-10	20	35	50	70
-15	15	25	35	60
-20	10	20	30	50
Нитрит натрия с хлоридом кальция и мочевиной				
-5	40	60	80	100
-10	25	40	50	80
-15	20	35	45	70
-20	15	30	40	60
-25	10	15	25	40

Температура твердения, °С	Твердение бетона, сут.			
	7	14	28	90
Мочевина				
-5	50	65	75	100
-10	30	50	70	90
-15	25	40	65	80
-20	25	40	55	70
-25	20	30	50	60

шое количество хлористого натрия (при температуре твердения – 20 °С содержание NaCl должно составлять 15% от массы цемента). Поэтому применяют двухкомпонентную добавку, состоящую из CaCl₂ и NaCl. Суммарное количество двухкомпонентной добавки не должно превышать 7,5% от массы цемента, что обеспечивает твердение бетона при температуре до – 15 °С (таблица № 3).

При выборе добавок учитывают их стоимость и влияние на физико-механические и технологические свойства бетонов и бетонных смесей. Так при внесении поташа сокращаются сроки схватывания цемента, в результате чего ухудшается удобоукладываемость смеси. Наиболее дешевые и доступные добавки – хлориды кальция и натрия. Добавки вводят в виде водных растворов в процессе приготовления бетонных смесей в количестве 3 - 18% от массы цемента. Применение добавок целесообразно в сочетании с дополнительным подогревом. Растворы, содержащие мочевину, не следует подогревать выше 40 °С. Растворы солей рабочей концентрации не должны иметь осадков нерастворившихся солей.

Критическая прочность для бетонов с добавками хлористых солей установлена не ниже 20% от проектной и не менее 5 МПа. Для бетонов с добавками поташа или нитрита натрия критическую прочность принимают, как для бетона без добавок.

Некоторые добавки, например хлористые соли, ухудшают качество поверхности возводимых конструкций вследствие образования высолов. Поэтому их применяют при возведении сооружений небольших объемов, к качеству поверхностей которых не предъявляют высоких требований (например, фундаменты, балки). Процесс укладки и уплотнения смесей не отличается от обычных методов бетонирования.

Таблица №3 Рекомендуемое количество противоморозных добавок

Температура твердеющего бетона, °С, до	Количество безводной соли от массы цемента, %								
	ХК + ХН	П	НН	ХК + НН (1:1)	НК + М (3:1)	НКМ	ННК + М (3:1)	ННК + ХК (1:1)	ННХК + М (3:1)
-5	0 + 3	5	5	5	5	5	5	5	5
-10	3,5 + 3,5	8	8	8	8	8	8	8	9,5
-15	4,5 + 3	10	10	11	10	10	10	10	-
-20	6 + 2,5	12	-	-	-	-	12	-	-
-25	-	15	-	-	-	-	-	-	-