

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА МОДИФИКАТОРА БЕТОНА ДЛЯ ЗИМНИХ УСЛОВИЙ БЕТОНИРОВАНИЯ

А.Н. ШАТОВ, начальник отдела технического сопровождения продукции ООО «Полипласт-УралСиб»

Ключевые слова: модификатор, добавка, монолитное строительство, бетон, портландцемент, гидратация, бетонная смесь, суперпластификатор
Keywords: modifier, additive, monolithic construction, concrete, Portland cement, hydration, concrete mix, superplasticizer

В статье рассмотрены некоторые аспекты выбора противоморозных добавок для бетона с учетом современных нормативных требований. Приведены описания основных и дополнительных эффектов модификаторов с точки зрения решения практических задач, возникающих при зимнем бетонировании, представлен алгоритм выбора оптимальной добавки на примере серии противоморозных продуктов «Криопласт».

Современное монолитное строительство характеризуется высокими темпами практически на всей территории нашей страны. Особенности климата различных регионов требуют значительных сезонных изменений некоторых стадий производства. Большинство из них связаны с понижением температуры воздуха. Подогрев заполнителей и воды, отопление помещений и термоизоляция оборудования составляют далеко не все подготовительные мероприятия. Отрицательная температура является прежде всего фактором, тормозящим гидратацию портландцемента, а потому исключающим саму возможность сохранения скорости строительства. Обеспечение стабильных положительных температур путем обогрева конструкций, организации их термосного выдерживания – способы не новые и применяющиеся повсеместно. При этом существенным облегчением производственных процессов в холодные периоды года является направленное изменение свойств самой бетонной смеси путем введения в их состав химических модификаторов, так называемых «противоморозных добавок».

Как правило, зимние бетонные смеси реализуются производителями по более высокой стоимости, обусловленной как раз наличием дополнительных компонентов противоморозного действия, а в паспорте качества на бетонную смесь указывается информация о наличии и наименовании добавки. При этом немаловажно корректно оценивать затратную составляющую, правильно используя все свойства смеси, обеспеченные направленной модификацией.

Сегодня ассортимент противоморозных добавок, представленных на рынке, чрезвычайно многообразен. Индивидуальность любого производства и изменчивость технических и экономических факторов, воздействующих на каждый строительный объект, позволяют сформулировать ряд требований к свойствам бетона и бетонных смесей, которые нуждаются в изменении применительно к зимним условиям. Эти потребности обыкновенно отличаются с позиций производителя бетона и организации, ответственной за

строительство. Тем не менее существует строгое определение понятия «противоморозная добавка», приведенное в ГОСТ 24211-08, наиболее современной редакции нормативного документа, регламентирующего свойства химических модификаторов бетона. Согласно стандарту определены такие понятия, как «холодный бетон», постоянно твердеющий при отрицательной температуре в присутствии противоморозной добавки, и «теплый бетон», подвергаемый прогреву после укладки смеси в опалубку. Подобная классификация материала по типу твердения объясняет, в свою очередь, и эффективность конкретного вида противоморозной добавки (см. табл.). Так, показателем основного действия добавки для холодного бетона является обеспечение твердения бетонов и растворов при отрицательной температуре, контролируемое в возрасте 28 суток. Критерий достаточной эффективности составляет 30% от прочности контрольного (без добавки) равноподвижного состава нормального твердения. Противоморозная добавка для теплого бетона обязана обеспечить защиту смесей от замерзания на время от ее изготовления до укладки и подачи внешнего тепла. Оценка ее действия определена следующим критерием: прочность бетона в возрасте 28 суток нормального твердения после нахождения образцов в морозильной камере в течение 4-х часов должна быть не менее 95% от прочности контрольного состава нормального твердения. Другими словами, назначение противоморозной добавки должно быть обусловлено наличием либо отсутствием прогрева конструкции: в первом случае важно обеспечить процессы гидратации, во втором – незамерзаемость бетонной смеси. Такое разделение имеет мало практической пользы для строителя, предусматривающего даже в случае теплого бетонирования риск технических сбоях в организации обогрева конструкции. Важно также понимать и практический смысл 30%-ной прочности холодного бетона. Предусмотренная стандартом минимальная интенсивность твердения вряд ли позволит спрогнозировать сроки и, собственно, саму возможность достижения уровня прочности, соответствующего требуемому классу. В связи с этим реальные потребительские предпочтения делают стандартную классификацию несколько непрактичной. Тем не менее официальное определение противоморозной добавки примем за аксиому при дальнейшем упоминании этого термина, рассматривая алгоритм правильного назначения модификатора.

В практике зимнего бетонирования распространено применение так называемых комплексных добавок, состоящих их двух и более продуктов, обладающих моно- и

полифункциональным действием. Добавки разделяют по следующим признакам:

- по основному действию, характеризующему главное назначение добавки;
- по дополнительному действию, определяющему возможные положительные или отрицательные эффекты, сопутствующие основному.

Как раз дополнительные эффекты обусловлены индивидуальной спецификой конкретных производств и объектов строительства и интересны для более детального рассмотрения при выборе оптимальной противоморозной добавки. Согласно В.Г. Батракову роль противоморозной добавки определяется обеспечением процессов гидратации при отрицательных температурах при сохранении жидкой фазы в бетоне. Выделяются 3 группы модификаторов: сильные ускорители-антифризы; слабые ускорители, электролиты и неэлектролиты; слабые антифризы и сильные ускорители.

Рассмотрим отдельные практически важные задачи со стороны производителя и потребителя бетонной смеси, решение которых основывается на применении противоморозных добавок на примере продуктовой линейки серии «Криопласт», представляемой наиболее полноценно.

Организация изготовления бетона может быть сопряжена со следующими особенностями:

1. Технологическая возможность применения единой противоморозной добавки. В частности, это может быть связано с ограниченным количеством емкостей для хранения продуктов или банальным удобством дозирования. В случае летнего производства вопрос, как правило, остро не стоит. Все решается с помощью одного хранилища для выбранной добавки.

Техническим решением в данном случае неизбежно является использование комплексной добавки, имеющей одновременно водоредуцирующий и противоморозный эффекты. С другой стороны, они же составляют основной недостаток подобных модификаторов.

Как известно, для каждого состава бетона и физико-механических требований, предъявляемых к нему, существует единственная оптимальная дозировка суперпластификатора. Она определяется экспериментально по максимальной осадке стандартного конуса, обеспеченной минимально возможным расходом добавки без признаков водоотделения смеси. Пример определения оптимального расхода НСФ-суперпластификатора приведен на рис. 1.

В свою очередь, при назначении необходимого количества противоморозного компонента необходимо руководствоваться другими факторами: температурой окружающей среды, временем транспортировки, способом твердения в конструкции и др. Таким образом, состав комплексной добавки крайне сложно оптимизировать с точки зрения всего спектра модифицирующих эффектов. Так, необходимость повышения дозировки в связи с похолоданием неминуемо влечет за собой нежелательное увеличение пластифицирующего эффекта, чреватое возможными негативными последствиями. Поэтому при выборе комплексного модификатора важно учесть, чтобы разбег в дозировках, назначаемых на минимальную и максимальную рабочие температуры, был

небольшим. В случае добавки «Криопласт Экстра» диапазон составляет 0,5-0,7% от массы цемента в пересчете на сухое вещество. При этом пластифицирующий или водоредуцирующий эффекты изменяются незначительно.

II. Необходимость ускоренного набора критической или отпускной прочности бетона при воздействии внешнего или собственного тепла. В данном случае наиболее эффективно применение компонентов-ускорителей набора прочности, дозируемых как отдельно от суперпластификатора, так и совместно с ним в составе комплексных добавок. Важную роль в повышении интенсивности твердения играет и собственно суперпластификатор. Известно, что нафталинсульфонатный суперпластификатор без электролита обеспечивает набор марочной прочности к 28-суточному возрасту при отрицательных температурах до -5°C. Причем его использование сокращает на 4-6 часов время набора критической прочности. Сочетание же суперпластификатора с противоморозными компонентами, ускоряющими твердение, позволяет достигнуть требуемой прочности значительно быстрее. На примере комплексной добавки «Криопласт Экстра» рассмотрим кинетику твердения бетона при положительной температуре, имитирующей прогрев (рис. 2).

Очевидно, что набор прочности в присутствии пластифицирующе-противоморозного комплекса происходит более чем в 2 раза быстрее по сравнению с чистым суперпласти-

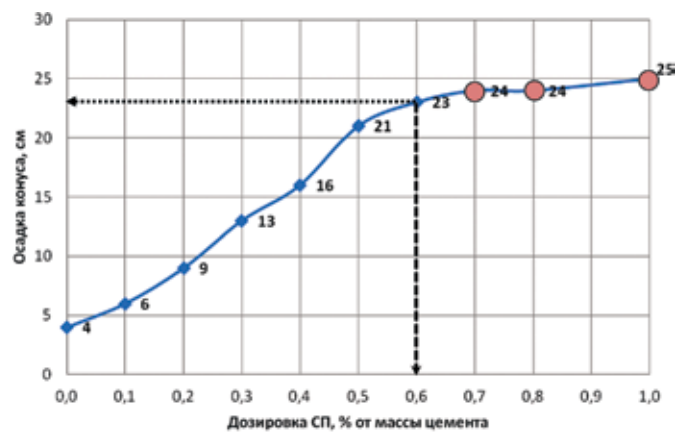


Рис. 1. Изменение подвижности бетонной смеси от дозировки НСФ-суперпластификатора

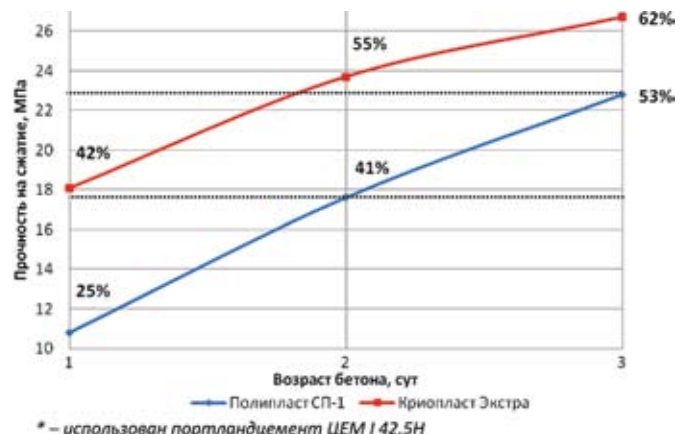


Рис. 2. Кинетика твердения бетона при -20°C с добавками «Криопласт Экстра» и «Полипласт СП-1» при различных температурных воздействиях при равном В/Ц*

Таблица. Критерии эффективности противоморозных добавок согласно ГОСТ 24211-08

Классы и подклассы добавок	Показатель основного действия добавок	Критерий эффективности добавок	Возможные дополнительные эффекты действия добавок
3. Добавки, придающие бетонам и растворам специальные свойства			
3.1. Противоморозные			Снижение сохраняемости и удобоукладываемости смесей: повышение электропроводности бетонов и растворов; образование высолов
3.1.1. Противоморозные для холодного бетона и раствора	Обеспечение твердения бетонов и растворов при отрицательных температурах, набор прочности при отрицательной температуре в возрасте 28 суток	Прочность в возрасте 28 сут. не менее 30% от прочности контрольного состава нормального твердения	
3.1.2. Противоморозные для теплого бетона и раствора	Обеспечение защиты смеси от замерзания на время от ее изготовления до укладки и подачи внешнего тепла	Прочность в возрасте 28 сут. не менее 95% от прочности контрольного состава нормального твердения	

фактором, что позволяет снизить время и интенсивность тепловой обработки. Кроме того, применение комплекса добавок дает возможность в несколько раз уменьшить требуемое количество противоморозной добавки.

III. Потребность в длительной жизнеспособности бетонных смесей. Применение противоморозных добавок, особенно ускоряющего действия, в сочетании с водоредуцированием способно изменять стандартные процессы гидратации. В частности, повышение тепловыделения портландцемента может негативно сказаться не только на долговечности конструкций, но и проявиться в ускоренном схватывании вяжущего, следствием чего является быстрая потеря подвижности бетонной смеси. Решение подобного затруднения состоит в примене-

нии эффективных замедлителей схватывания цемента, вид и расход которых при этом не должен влиять на сроки распалубки конструкции. Учитывая различия минералогического и химического составов цемента, наиболее приоритетным является замедление гидратации его алюминатной фазы.

Состав противоморозной добавки «Криопласт ЛН» отличается наличием эффективного замедлителя, повышающего сохраняемость бетонных смесей без снижения прочностных характеристик (рис. 3, 4).

IV. Невозможность обогрева помещения и емкости для хранения добавки. Для любой водорастворимой соли существует индивидуальная диаграмма состояния раствора. Ее практический смысл заключается в возможности подбора концентрации, при которой раствор не замерзает и не образует осадка. На примере водного раствора соли хлорида натрия диаграмма состояния выглядит следующим образом (рис. 5): в диапазоне температур от 0 до $-21,2^{\circ}\text{C}$ и соответствующем изменении концентрации от 0 до 23,3% водный раствор не замерзает и соль не выпадает в осадок. Дальнейшее повышение доли сухого вещества в растворе при сохранении эвтектической температуры сопровождается перенасыщением раствора и появлением кристаллического осадка. Напротив, дальнейшее снижение температуры при концентрации, соответствующей точке эвтектики, приводит к образованию льда в растворе. Так, для раствора комплексной добавки «Криопласт ЛН тип 2» рабочей концентрации температура фазового равновесия составляет -20°C . Практически при этой температуре раствор хранится без изменений агрегатного состояния.

Принципиально иным способом придания комплексной добавке антифризных свойств является использование в качестве пластифицирующей основы некоторых эфиров поликарбоксилатов совместно с противоморозными компонентами. Подобные добавки способны храниться без признаков замерзания и осадка вплоть до $-25-27^{\circ}\text{C}$. Таковым продуктом является «Криопласт ПК».

В качестве противоморозной добавки с низкой температурой кристаллизации стоит выделить и группы азотсодержащих органических соединений или многоатомных спиртов, благодаря их хорошим антифризным свойствам. Другим положительным эффектом таких добавок является обеспечение незамерзания жидкой фазы, находящейся в поровом пространстве бетона, и препятствование его деформации, связанной с образованием льда. Эти добавки с особо низкой температурой замерзания, как правило, не

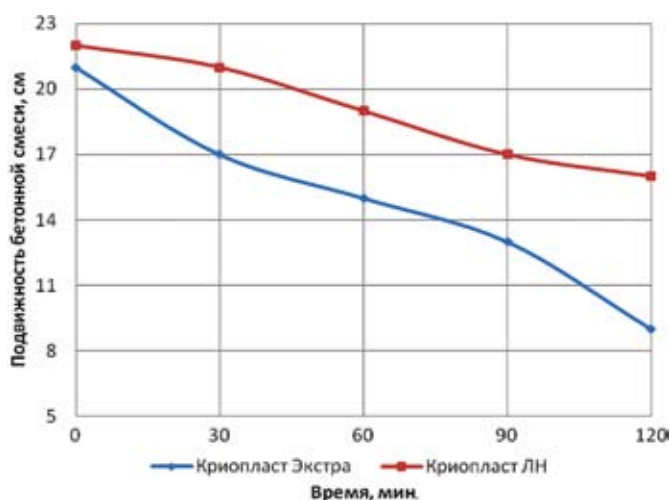
Рис. 3. Сохраняемость бетонных смесей при температуре окружающей среды -19°C с добавками

Рис. 4. Прочность образцов бетона с добавками, твердеющего при различных температурных условиях

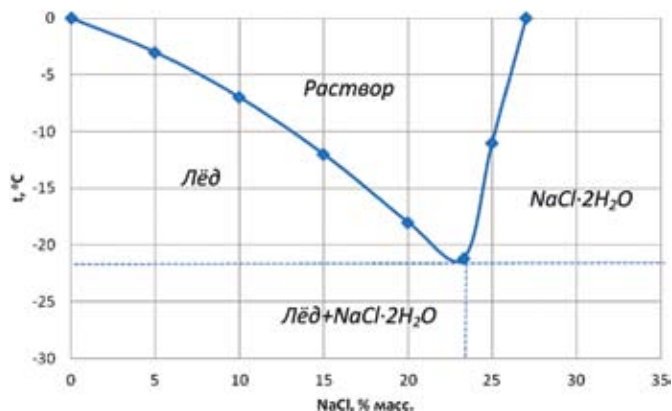


Рис. 5. Диаграмма фазового состояния NaCl – вода

содержат составляющих пластифицирующего действия и применяются в качестве отдельно дозируемого в состав бетонной смеси компонента.

Кроме того, раздельное применение позволяет использовать каждый из модификаторов в оптимальном количестве, препятствуя появлению характерных для комплексных добавок признаков водо- и растворотделения, в связи с излишним количеством суперпластификатора в составе.

V. Обеспечение незамерзлости бетонной смеси при транспортировке в условиях отрицательных температур. Согласно диаграммам состояния, пример которых приведен на рис. 5, температура замерзания водного раствора соли находится в зависимости от ее концентрации. Применительно к бетонным смесям, содержание воды в которых в среднем составляет 170–200 л/м³, количество рассмотренного для примера хлорида натрия, достаточное для незамерзания бетонной смеси при -21°C, должно составлять около 23%, то есть в

натуральном выражении – до 60 кг/м³. Столь высокое содержание соли в бетоне, безусловно, обеспечит незамерзаемость жидкой фазы, но вместе с тем и целый ряд негативных последствий, состоящих в критическом изменении процессов гидратации минералов портландцемента и, как следствие, эксплуатационных свойств бетона. Поэтому регулирование образования льда только химическими модификаторами в составе бетонной смеси стоит осуществлять при температуре окружающего воздуха во время транспортировки, не превышающей -15°C. При меньшей температуре незамерзаемость обеспечивается корректировкой температуры составляющих компонентов смеси, а практически более важным эффектом действия противоморозной добавки является способность сохранять жидкую фазу исключительно в поровом пространстве бетона и цементного камня.

Выбор противоморозной добавки представляет собой важный и тщательный процесс. Правильная организация подготовительных мероприятий способствует приданию бетону наиболее востребованных технических свойств и извлечению максимальной экономической выгоды.

Библиографический список

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – М.: Высшая школа, 1998. – 768 с.
2. Ратинов В.Б. Добавки в бетон / В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг. – М.: Стройиздат, 1989. – 187 с.
3. Крамар Л.Я. Модификаторы цементных бетонов и растворов / Л.Я. Крамар, Б.Я. Трофимов, Е.А. Гамалий, Т.Н. Черных, В.В. Зимич, 2012. – 211 с.
4. Руководство по применению бетонов с противоморозными добавками: НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1978. – 81 с.

КРЫМ СТРОЙИНДУСТРИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

2016

Весна

31 марта-2 апреля

г. Симферополь
ул. Киевская, 115
ДКП

- Современные строительные материалы и технологии.
- Краски, лаки.
- Строительные машины и механизмы.
- Окна, двери. • Сантехника.
- Экология. Системы очистки воды.
- Системы отопления, вентиляции и кондиционирования.
- Электротехническое и осветительное оборудование.
- Энергосбережение и использование нетрадиционных экологически чистых источников энергии.
- Системы автоматизации. Программное обеспечение предприятий строительной, энергетической, электротехнической отраслей промышленности.

ФОРУМ
КРЫМСКИЕ
ВЫСТАВКИ

Оргкомитет: Республика Крым, г. Симферополь, ул. Горького, 8, оф. 27,
 моб.: +7 978 78 178 83, тел./факс: +7(3652) 54-60-66, +7(3652) 54-67-46,
 E-mail: expoforum@expoforum.crimea.ua,
<http://expoforum.biz/>