

КРУГЛЫЙ СТОЛ: ЗИМНЕЕ БЕТОНИРОВАНИЕ — ПРОДОЛЖЕНИЕ СЕЗОНА

В Европе, за исключением Скандинавских стран, понятие зимнего бетонирования отсутствует как таковое. Строители предпочитают переждать кратковременные снижения температуры. Когда же это невозможно, осуществляется бетонирование с использованием «тепляков». Кстати, там не существует таких способов бетонирования, как электродный прогрев и прогрев греющим проводом, и единственным условием для бетонирования являются положительные температуры (не ниже $+5^{\circ}\text{C}$) в момент твердения и укладки бетонной смеси.

Российский климат заставляет учитывать специфику зимних условий бетонирования, конечной целью имея удлинение цикла строительных работ в осенне-весенний период. Еще в советское время на это заложено теоретическое обоснование, а затем получен колоссальный практический опыт. Тем не менее вопросы методов зимнего бетонирования, интенсивного твердения бетона, достижения проектной прочности, применения различного рода противоморозных добавок, модификаторов, влияющих на свойства получаемого материала, остаются актуальными.

На эти и другие вопросы в рамках заочного круглого стола отвечают Татьяна Александровна КРАСНОВА, начальник научно-технического отдела ООО «Торговый дом СУПЕРПЛАСТ»; Татьяна Абрамовна ЗАТВОРНИЦКАЯ, канд. техн. наук, зав. лабораторией исследования строительных материалов НТЦ СКМ ОАО «НИИЭС»; Сергей Иванович УСКОВ, начальник лаборатории ООО «Сибирский бетон»; Денис Анатольевич ИГНАТЬЕВ, начальник ОТЛК ОАО «Северодвинский завод строительных материалов»; Борис Глебович НОСКИН, заведующий лабораторией ООО «Север-Строй Контроль».

Ред.: Какие методы зимнего бетонирования в настоящее время наиболее востребованы производителями строительных материалов и производителями строительных работ?

Краснова: Из всего многообразия методов зимнего бетонирования при работе с нашими клиентами мы наиболее часто сталкиваемся с методом химической модификации бетона и дополнительным его обогревом на строительных площадках. В качестве самых популярных способов прогрева бетона в нашей практике можно выделить предварительный электроразогрев бетонной смеси с последующим выдерживанием бетона по методу термоса, электропрогрев самого бетона с использованием электродов различной конструкции, реже встречается использование термоактивной опалубки, из безобогревных способов часто осуществляется бетонирование в тепляках.



Татьяна Александровна
КРАСНОВА, начальник научно-
технического отдела
ООО «Торговый дом СУПЕРПЛАСТ»



Татьяна Абрамовна
ЗАТВОРНИЦКАЯ, канд. техн.
наук, зав. лабораторией
исследования строительных
материалов НТЦ СКМ
ОАО «НИИЭС»



Сергей Иванович УСКОВ,
начальник лаборатории
ООО «Сибирский бетон»



Денис Анатольевич ИГНАТЬЕВ,
начальник ОТЛК
ОАО «Северодвинский завод
строительных материалов»



Борис Глебович НОСКИН,
заведующий лабораторией
ООО «Север-Строй Контроль»

Несмотря на использование различных методов ухода за бетоном на строительных площадках, в том числе и подведение дополнительного тепла к бетону при твердении, применение противоморозных добавок обосновано необходимостью транспортировки бетонной смеси при отрицательной температуре, а также выдерживанием бетонной смеси после укладки в конструкцию до подвода дополнительного тепла. Нередко из-за отсутствия теплых складов производителям бетона приходится работать со смерзшимися материалами. В такой ситуации даже при использовании горячей воды температура бетонной смеси на выходе редко поднимается выше $+10^{\circ}\text{C}$, поэтому через 20-30 минут бетонная смесь без противоморозных добавок может подвергнуться замерзанию. Этого времени чаще всего недостаточно, чтобы доставить бетон до строительной площадки даже в небольших городах. Применение противоморозных добавок с эффектом антифриза в данной ситуации обеспечивает сохранение реологии бетонной смеси на время ее транспортировки и укладки в конструкцию.

Затворницкая: В Советском Союзе накоплен большой опыт зимнего бетонирования. Все гидростанции строились при круглогодичном производстве бетонных работ, укладка бетона велась при температурах до -40°C и ниже.

В гидротехническом строительстве, в том числе на строительстве Богучанской ГЭС, научно-техническое сопровождение которого проводит ОАО «НИИЭС», применяются все известные методы зимнего бетонирования. Наиболее распространенным является метод термоса, где необходимый температурный режим обеспечивается за счет теплоты (разогрев), выделяемой при твердении бетона, соответствующего утепления, внесения теплоты в бетонную смесь, в прилегающие конструкции или основание, на которое укладывается бетон. Однако область применения метода термоса ограничена и зависит от массивности блоков, применяемых цементов, температуры наружного воздуха и др. Расширение метода термоса достигается за счет введения в бетон добавок, понижающих температуру замерзания бетона, разогрева бетонной смеси, использования обогреваемых шатров и др.

Прогревные методы выдерживания бетона применяются в основном при бетонировании маломассивных конструкций и при укладке на мерзлое основание.

Обогрев бетона термоактивными гибкими покрытиями (ТАГП) нашел распространение при бетонировании зимой дорожных покрытий, облицовок и других тонкостенных конструкций гидросооружений, а также на строительстве Саяно-Шушенской ГЭС.

Расчетное обоснование технологических параметров и энергозатрат при зимнем бетонировании представляет сложную задачу, в которой совмещены тепловой расчет и проблема формирования структуры бетона, твердеющего в сложных температурных условиях.

Известна теория нарастания прочности в начальный период в зависимости от градусочасов, что, в свою очередь, связано с видом цемента, вводимых добавок, а также с составом цемента.

Усков: Строители чаще всего используют метод зимнего бетонирования, сочетающий применение противоморозных добавок с электропрогревом свежесформованной конструкции. Реже электропрогрев заменяют на использование собственного тепла твердеющей бетонной смеси, а именно – на метод термоса. Очень редко применяют бетон с противоморозными добавками без прогрева. Практически не используется метод зимнего бетонирования, сочетающий применение бетонной смеси без противоморозных добавок с прогревом или созданием термосных условий.

Производители же строительных материалов, отвечая потребностям рынка в зимний период, выпускают преимущественно смеси с противоморозными добавками. Например, «Сибирский бетон» выпускает бетоны классов от В3,5 до В30 и растворы марок от М50 до М200 с противоморозными добавками.

Игнатъев: Из наиболее известных способов зимнего бетонирования можно выделить способ термоса, предварительный электроразогрев бетонной смеси, электроразогрев бетона, обогрев бетона в термоактивной опалубке, индукционный нагрев, инфракрасный обогрев, обогрев с помощью греющих проводов, бетонирование в тепляках, парообогрев бетона. Самым распространенным по нашему региону является электродный прогрев или комбинированный, т.е. применение бетона с противоморозными добавками



ми с последующим обогревом с помощью электродов, реже в тепляках, где теплоносителем является горячий воздух. Разумеется, о режимах ТВО никакой речи не идет.

Из перечисленных применяемых на практике методов следует отметить электродный прогрев и прогрев в тепляках, которые часто осуществляются на глаз, т.е. без задания конкретного режима и последующего его контроля. Бетонные конструкции с применением электродного прогрева прогревают в течение 24–48 часов, как указывалось выше, без контроля параметров, в тепляках картина та же. Следует также отметить, что до сих пор строители часто не понимают принципа действия противоморозных добавок, а частным лицам подобное бесполезно объяснять. Многие все еще считают, что раз бетонная смесь изготовлена с применением противоморозной добавки, значит, никакого ухода за бетоном не нужно вообще.

Носкин: При зимнем бетонировании монолитных конструкций в условиях строительной площадки в зависимости от массивности конструкции и температуры наружного воздуха в Архангельской области используют следующие способы: а) термоса — с применением ускорителей твердения; б) экзотермический — в тепляке с обогревом с применением противоморозных добавок, в) электрообогрев («толчок») греющим проводом до 50% от проектной прочности — с применением противоморозных химических добавок и дальнейшее выдерживание бетона методом термоса или в тепляке. Способ выдержки бетона при зимнем бетонировании устанавливается на основании технико-экономического сопоставления способов для конкретных условий.

Ред.: Какая из задач первоочередная: интенсивное твердение бетона в первые 24–48 часов или длительное сохранение реологических свойств, что влечет за собой некоторую задержку в твердении бетона в первые 24 часа?

Краснова: В своей практике мы столкнулись с тем, что в разных регионах задачи все-таки отличаются. Так, при четком соблюдении на строительных площадках технологических регламентов работ перед производителями бетона ставится одна задача — обеспечение длительного времени сохранения реологических свойств бетонной смеси с учетом транспортировки в условиях заторов на дорогах больших городов. В данном случае целесообразно позаботиться о реологии бетонной смеси в условиях отрицательных температур, поэтому классические солевые противоморозные добавки не всегда применимы.

Но необходимо отметить, что далеко не всегда на строительных площадках выполняют собственные регламенты. Периодически уход за бетоном сведен к минимуму, прогрев выполняется на глаз, что заставляет производителя бетона также позаботиться не только о свойствах бетонной смеси, но и о кинетике твердения бетона после укладки в опалубку. В данном случае необходимо искать золотую середину между сохранением реологии бетонной смеси и ускорением твердения бетона, которое обеспечивают многие противоморозные добавки.

Именно поэтому в товарном портфеле компании «СУПЕРПЛАСТ» есть несколько различных продуктов, предназначенных для использования в условиях зимнего бетонирования. Добавка АКМ-20 Стандарт, хорошо зарекомендовавшая себя при использовании, близка к классическим противоморозным модификаторам. Продукты АКМ-30 и Суперпласт ПМ обладают отличной от классических модификаторов основой, сочетающей в себе свойства антифриза и регулятора кинетики твердения бетона. Для этих продуктов достаточно легко найти баланс между реологией бетонной смеси и кинетикой твердения бетона, благодаря возможности фиксации дозировок, исходя из необходимой реологии.

Усков: Строителям важно получить бетонную смесь с требуемыми подвижностью и сохраняемостью, позволяющими качественно уложить ее в конструкцию, которая бы максимально быстро набрала прочность, необходимую для распалубливания и безопасного продолжения строительных работ в зимних условиях. Поэтому с точки зрения строителей обе вышеуказанные задачи важны: если быстротвердеющая бетонная смесь из-за своей недостаточной подвижности не позволит должным образом уплотнить и отформовать конструкцию, то она получится дефектной; с другой стороны — подвижная, но вяло твердеющая бетонная смесь приведет к затягиванию сроков строительства, перерасходу энергетических ресурсов.

Производители строительных материалов, чтобы обеспечить решение этих задач, обязаны достичь трудновыполнимого: создать бетонные смеси, обладающие требуемой (порой длительной) сохраняемостью и последующим интенсивным твердением.

Игнатьев: На этот вопрос нельзя ответить однозначно, все зависит от условий применения и назначения. Так, например, любой строитель будет заинтересован в раннем наборе прочности бетоном, это обусловлено, как правило, необходимостью ведения строительно-монтажных работ без остановки, а в условиях строительного рынка в РФ все происходит часто по одному сценарию: «выделили средства — значит, завтра все должно быть построено». Однако для производителей бетонных смесей важно этот самый бетон довести до места укладки без потери свойств.



Носкин: Первоочередная задача при зимнем бетонировании с применением наиболее экономичного метода – это набор критической прочности бетона монолитных конструкций в течение 3–5 суток. А критический набор прочности зависит: а) от класса бетона; б) от температуры бетонной смеси, которая должна быть рассчитана в зависимости от метода выдержки бетона; в) от нагрузки на этот бетон после его выдержки; г) от массивности конструкции.

Ред.: Оправданно ли в современных условиях рынка выдерживание бетона без дополнительной подачи тепла в течение 28 суток для достижения только 30% от проектной прочности? И оправданно ли понятие «холодный бетон»?

Краснова: В своей практике мы крайне редко сталкиваемся с методом «холодного бетона» при производстве строительных работ в зимний период времени. В основном такой способ бетонирования применяется при частном малоэтажном строительстве. На строительных площадках большего масштаба применение «холодного бетона» просто неоправданно из-за значительного увеличения сроков строительства. Зачастую нагружение конструкции допустимо после достижения бетоном в ней 70–100% от проектной прочности. При использовании подобного метода бетонирования возведение последующих конструкций, в лучшем случае, будет возможно только через 2 месяца после укладки бетона.

В соответствии с ГОСТ 24211–2008 противоморозные добавки разделяются на модификаторы для «холодного» и «теплого» бетона. К сожалению, в реальных условиях пока не удавалось встретить ни тот, ни другой вариант бетонирования. «Теплый» бетон трудно применить к реальным условиям – из-за несоответствия сроков выдержки бетонной смеси по ГОСТ и в реальных условиях при отрицательной температуре. Также необходимо учитывать, что твердение при нормальных условиях обеспечивает формирование структуры бетона с гораздо меньшим количеством дефектов, нежели любой из ускоренных методов твердения бетона на строительных площадках с дополнительным подводом тепла. Конечно, как производители химических модификаторов для бетонов и растворов, мы проводим оценку потребительских свойств нашей продукции в соответствии с требованиями ГОСТ, но не менее важной частью нашей работы является адаптация добавок в конкретных условиях производства наших клиентов с учетом задач, поставленных перед ними.

Затворницкая: При умеренных зимних температурах (до -15°C) оправданно применение безобогревного метода бетонирования, так называемого «холодного бетона» с противоморозными добавками. При этом для дальнейшей возки не оправдывают себя ускорители (наподобие поташа) из-за ускоренного схватывания или присутствия хлоридов (проблема коррозии арматуры). Значительный положительный опыт накоплен при применении противоморозных добавок (нитрит натрия, формиат и др.) При этом следует знать, что дозировка последних должна назначаться в зависимости от расхода воды, а не цемента, учитывая механизм

антифризового воздействия (незамерзания жидкой фазы). Естественно, что рост прочности замедляется, а 28-суточная прочность достигается к 60 суткам.

«Холодные» литые бетоны исследованы ОАО «НИИ-ЭС». Технология их применения изложена в нормативных материалах (ВСН 27-81). При этом следует учитывать, что согласно нормам гидростроительства замораживание бетона с требованиями водонепроницаемости и морозостойкости допускается только по достижении 100% марки (класса) бетона. По-видимому, для строительных растворов и мелкозернистых бетонов необходимы новые современные противоморозные добавки, которые, вероятно, позволят скорректировать это жесткое требование. Например, проектировать заведомо завышенную прочность.

Предлагаем специализированным фирмам предоставить для испытаний добавки в нашу лабораторию исследования строительных материалов, где в климатической камере будут проведены необходимые исследования.

Усков: Судя по частоте использования строителями «холодного бетона», этот вид зимнего бетонирования себя не оправдывает. Только в редких случаях, когда производитель работ может сделать паузу в работе от месяца и более, чтобы конструкция набрала необходимую прочность, или в случае массивной конструкции при хорошем ее утеплении, где создаются условия твердения бетона при положительной температуре, метод бетонирования без дополнительной подачи тепла имеет практическое значение. Представляется, однако, что этот метод мог иметь гораздо большее применение, если бы на строительной площадке создавались условия для сохранения собственного тепла бетонной смеси, которая может поставляться и горячей.

Понятие «холодный бетон», отражающее метод бетонирования в условиях отрицательной температуры без дополнительного тепла, безусловно, оправданно.

Игнатьев: Оправданно, если сроки строительства не имеют значения; на практике такой случай возможен в области частного строительства. Разумеется, строительство объекта может быть заморожено, но предвидеть подобный поворот событий с целью применения «холодного бетона» крайне сложно. В строительной практике по нашему региону строительство ответственных конструкций с применением «холодного бетона» без подачи тепла отмечено не было.

Также следует подчеркнуть, что по ГОСТ 24211–2008 понятие «холодный бетон» относит к бетонам и растворам, твердеющим при отрицательных температурах, при этом набор прочности в 28-суточном возрасте должен быть не менее 30% от контрольного состава. Но привязать подобную ситуацию к фактическим условиям на строительной площадке крайне сложно. Например, клиент заказал бетонную смесь с противоморозной добавкой с целью уложить бетонную смесь без какого-либо ухода, при этом среднесуточная температура окружающего воздуха колеблется в пределах $0(-5)^{\circ}\text{C}$, т.е. применяется «холодный бетон». Уже через несколько дней среднесуточная температура падает до -10°C ; но при заказе бетонной смеси заказчик не оговаривает, что бетонная смесь будет уложена



без последующего ухода. Разумеется, при такой ситуации о наборе прочности не менее 30% от марки говорить не приходится. Следует учитывать и то, что при применении «холодного бетона» должна быть использована термосная опалубка, иначе прирост прочности может растянуться на значительный срок.

Носкин: Не оправданно, так как в современных условиях строительного рынка объекты транспортного и гражданского строительства ведутся по «ударной» технологии в сжатые конкретные сроки. Поэтому выдержка бетона до 28 суток в конструкции с достижением лишь 30% от проектной прочности неэффективна. Но для некоторых очень массивных конструкций эта технология применима — для понижения экзотермии во время гидратации цемента и обеспечения трещиностойкости конструкции.

Ред.: Требования к бетонным и растворным смесям в зимний период времени значительно отличаются (так же как и в летний сезон). Есть ли необходимость в узкоспециализированных продуктах для строительных растворов?

Краснова: На мой взгляд, применение добавок, разработанных для бетонов, не столь эффективно при работе со строительными растворами как в зимний, так и в летний период времени. Несмотря на температуру окружающей среды, одним из основных требований к растворной смеси остается сохранение реологических свойств в течение длительного времени без потери удобоукладываемости и однородности смеси. Конечно, прочность раствора также важна, но сохранение реологии в течение 4-5, а иногда и 8 часов для строителей зачастую оказывается важнее.

Именно поэтому в нашей линейке появились продукты для строительных растворов. Для работы в зимний период времени разработана добавка «Тиксопласт Зимний», являющаяся стабилизатором растворных смесей и обеспечивающая твердение растворов при отрицательной температуре.

Решение создать узкоспециализированный продукт созрело при работе с нашими потребителями. Очень часто мы наблюдали, как при попытке увеличить время сохранения реологических свойств растворных смесей при их изготовлении использовали и противоморозную добавку, и специализированную добавку для растворов, предназначенную для работы в летний период. Такой спо-

соб, конечно, отчасти решает задачи производителей, но применение двух продуктов влечет за собой ряд трудностей при хранении добавок и их подаче. К тому же не всегда такие добавки совместимы между собой.

Растворные смеси и растворы заслуживают особого к себе внимания, именно поэтому существование узкоспециализированного продукта для работы с растворами в зимний период для нас является оправданным.

Усков: Действительно, требования к бетонным и растворным смесям существенно отличаются, например, по их температуре, сохраняемости, способу твердения (кладочные растворы твердеют, как правило, без прогрева). Очевидно, должны быть и специальные продукты для растворов, обеспечивающие их специфические свойства.

Игнатьев: Ответ, на мой взгляд, очевиден — узкая специализация требуется всегда. Но вместе с тем немногие организации могут позволить себе применение узкоспециализированных продуктов для бетонных и растворных смесей, не говоря уже о том, что многие желают получить качество за бесценок. Если речь идет о химических модификаторах, то должны быть как узкоспециализированные продукты, так и комплексные, но в то же время остается открытым вопрос о возможности применения последних для конкретной области строительства.

Следует отметить, что на поставленные вопросы нет четкого ответа, так как выбор того или иного способа ухода за бетоном, интенсивное твердение или сохранение реологических свойств, выдерживание бетона без подачи тепла при отрицательных температурах окружающей среды, требования к бетонным и растворным смесям в зимний период и в летний сезон, а также многое другое — все это должно определяться проектом. К сожалению, часто проекты в стадии РД не оговаривают ничего из вышеперечисленного или ссылаются на ГОСТ и СНиП, которые, в свою очередь, ссылаются на проекты.

ОТ РЕДАКЦИИ:

Принципы современной технологии проведения бетонных работ в зимний период были сформулированы еще в советское время — 50-75 лет назад и позволили получить богатый практический опыт. С тех пор многие исследования конкретизируют непрерывное изменение технического уровня и применение разработок строительной химии. Образно говоря, главные принципы остаются неизменными, а меняются частные представления. Именно они и требования рынка будут определять дальнейшие тенденции развития. По мнению одних специалистов, приоритет за узкоспециализированными продуктами для работы с растворами. С другой точки зрения предпочтение отдается полифункциональности. Возможно, истина, как всегда, посередине — в комплексности применяемых средств, обеспечивающих специфические свойства конечного продукта. Но это тема уже следующего круглого стола.

Редакция благодарит всех участников круглого стола и выражает особую признательность специалистам ООО «Торговый дом СУПЕРПЛАСТ» за помощь в организации и проведении мероприятия.