

УДК 691.3

**А. С. НОСКОВ, С. И. СОХИНА**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ХИМИЧЕСКИЕ ДОБАВКИ ДЛЯ ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА ПРИ НИЗКИХ  
ТЕМПЕРАТУРАХ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены главные достоинства и недостатки применения противоморозных добавок в бетонную смесь для её твердения в условиях низких температур. Указана основная причина, которая препятствует набору прочности бетона в рассматриваемых условиях.

**Ключевые слова:** бетон, низкая (отрицательная) температура, химические добавки, твердение, прочность.

*Актуальность* нашего исследования обусловлена тем, что в современном мире существует жёсткая конкуренция в сфере предоставления различных услуг. Сфера строительства не исключение. Известно, что данная сфера ограничена сезонными рамками из-за того, что при понижении температуры многие физико-химические процессы, происходящие, к примеру, при гидратации и твердении вяжущих веществ, замедляются или практически останавливаются. А возможность сдавать строительные объекты в более короткие сроки увеличивает конкурентоспособность фирм, предоставляющие строительные услуги.

*Целью* нашего исследования является рассмотрение некоторых химических добавок, необходимых для твердения бетона в условиях низкой температуры.

Главная причина некачественного твердения бетона при температурах близких к нулю то, что при низкой положительной температуре портландцемент набирает прочность очень медленно, а при отрицательных – вода, которая не вступила в гидратацию с цементом, замерзает, т. е. переходит в твёрдое состояние. Превращение воды в лёд сопровождается увеличением объёма на 9...10 %. Это приводит к тому, что в бетоне, который не набрал достаточной прочности, возникают дополнительные внутренние напряжения, которые приводят к ослаблению его внутренней структуры. После таяния воды в бетоне твердение возобновляется, но некоторые нарушения структуры необратимы. Как результат – итоговая прочность ниже запроектированной. Также стоит отметить, что раннее замораживание бетона в железобетонной конструкции существенно снижает сцепление арматуры с цементным камнем из-за возникновения вокруг стержней арматуры и заполнителя ледяных корок. Все эти процессы приводят к снижению несущей способности конструкций и их долговечности [1].

Решением, которое позволит проводить монолитное бетонирование при температурах близких к нулю, является ускорение твердения бетона с обеспечением набора достаточной (критической) прочности на ранней стадии твердения. Этого можно достичь с помощью различных химических добавок. Химические добавки позволяют решить практически любые задачи, благодаря тому, что могут существенно изменить свойства и характеристики строительного материала, а также помогут использовать его в любые погодные и температурные условия [3].

Для предотвращения замерзания воды в бетонной смеси при отрицательных температурах добавляют различные соли. Известно, растворение в воде солей существенно снижает температуру её замерзания. Если при приготовлении в бетонную смесь добавить необходимое количество растворённых солей, то процесс твердения будет происходить и при температуре ниже 0 °С. Выбор противоморозных химических веществ и их необходимое количество зависит от вида бетонной или железобетонной конструкции, количества арматуры, наличия агрессивной среды, блуждающих токов, температуры проведения работ [4].

**Основные противоморозные добавки:**

- нитрит натрия (НН)  $\text{NaNO}_2$  (ГОСТ 19906-74);
- хлорид кальция (ХК)  $\text{CaCl}_2$  (ГОСТ 450-77) + хлорид натрия (ХН)  $\text{NaCl}$  (ГОСТ 13830-68);
- хлорид кальция (ХК) + нитрит натрия (НН);

Это наиболее доступные и недорогие химические добавки, однако поваренная соль  $\text{NaCl}$  и хлорид кальция  $\text{CaCl}_2$  способны оказывать коррозионное воздействие на арматуру, если количество добавки при введении превышает 2 % от количества используемого цемента, но и в меньшем количестве их нельзя использовать, так как они теряют эффективность [2]. Обязательно следует принимать во внимание, что нитрит натрия  $\text{NaNO}_2$  – ядовит.

- 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);

Но натриевая селитра  $\text{NaNO}_3$  и кальциевая селитра  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  действительно ускоряют твердение бетона в сочетании с другими противоморозными добавками, а это неизбежно ведёт к удорожанию;

- 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);
- поташ (П)  $\text{K}_2\text{CO}_3$  (ГОСТ 10690-73).

Это наиболее широко применяемые химические добавки. Главные недостатки при использовании – углекислый калий ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) снижает итоговую прочность и негативно влияет на морозостойкость; кальцинированная сода ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ускоряет схватывание, что уменьшает время необходимое для укладки и трамбовки бетонной смеси, и снижает пластичность бетонной массы; формиат натрия  $\text{NaCOOH}$  – эффективен только до  $-10^\circ\text{C}$ , мочевины (карбамид)  $\text{H}_2\text{NCONH}_2$  не подходит для методов, которые в комплексе используют прогрев бетона, так как температура выше  $40^\circ\text{C}$  приводит к её разложению.

Использование химических добавок нередко приводит к тому, что набор итоговой прочности растягивается на более длительный срок по сравнению со скоростью набора прочности бетона в нормальных условиях. При использовании поташа итоговая прочность бетона после двадцати восьми суток твердения при температуре окружающего воздуха  $-25^\circ\text{C}$  составляет 50 %. А через три месяца при таких же условиях – 60 %. При температуре  $-5^\circ\text{C}$  набор прочности протекает более интенсивно и в возрасте двадцати восьми суток он может составлять 75 %. Применение поташа как противоморозной добавки также вызывает уменьшение водонепроницаемости. Это вызвано тем, что процессы кристаллизации при использовании поташа протекают с большим увеличением объема, что приводит к внутренним напряжениям в бетоне, которые вызывают появление микро- и макротрещин вплоть до разрушения конструкции. Однако поташ может и не ухудшать прочность и морозостойкость бетона, если дополнительно вводить в бетонную смесь замедлители схватывания. Отлично подходит сульфитно-дрожжевая бражка СДБ, тетраборат натрия ТН (бура), жидкое стекло совместно с адипиновым пластификатором ПАЩ-1. Но это ведет к удорожанию конечной конструкции [5].

Добавление нитрита натрия очень опасно из-за его ядовитости (все соли азотистой кислоты весьма ядовиты). Всеёмокности для приготовления, хранения и переноски порошка и водных растворов нитрита натрия необходимо маркировать предупредительной надписью «Яд!». Формиата натрия нельзя использовать при температуре  $-10^\circ\text{C}$ .

Для снижения внутренних напряжений в бетоне и увеличения пластифицирующих и водоредуцирующих свойств бетонной смеси, которые уменьшают поташ, нитрит натрия и формиат натрия, для повышения подвижности бетонной смеси и снижения водоцементного отношения  $\text{K}_2\text{CO}$ ,  $\text{NaCOOH}$ ,  $\text{NaNO}_2$  добавляют в комплексе с пластифицирующими добавками. Наиболее широко распространено использование суперпластификатора С-3 лигносульфанат нафталина (в виде порошка или жидкости). Обязательно нужно учитывать, что в С-3 состоит на 6...10 % из сульфата натрия, что является причиной возникновения стойких высолов и сульфатной коррозии бетона, namного уменьшающих долговечность строительных конструкций. Большим недостатком является также то, что разжижитель С-3 содержит опасные в биологическом и природоохранном отношении вещества – фенол, формальдегид и производные нафталина [4].

В наше время многие производители предлагают уже сформированные комплексы вышеперечисленных химических добавок, состав которых варьируется в зависимости от нужд потребителя. Современные противоморозные добавки уже не только предотвращают замерзание бетона при его твердении, но и не снижают итоговую прочность, в них отсутствуют коррозионно-активные вещества. В

их состав уже входит пластифицирующая добавка и др. полезные для получения качественного бетона вещества. При этом ведётся тщательный контроль над экологическими последствиями от применения таких добавок.

Итак, добавление химических веществ, способствующих схватыванию и твердению бетона при низких температурах, имеет ряд недостатков – таких как снижение итоговой прочности бетона, коррозионное влияние на металл в составе железобетона, создают опасность для здоровья человека и конечно, удорожание таких работ. Но грамотное комбинирование этих веществ, обеспечение должных условий труда, а главное, возможность работать во время так называемого «не сезона», способны с лихвой компенсировать эти недостатки, что в итоге приведёт и к финансовой выгоде при проведении таких работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев, А. А. Бетонные работы [Текст] / А. А. Афанасьев. – М. : Высш. шк., 1991. – 288 с.
2. Баженов, Ю. М. Технология бетонных и железобетонных изделий [Текст] / Ю. М. Баженов, А. Г. Комар. – М. : Стройиздат, 1984. – 672 с.
3. Хаютин, Ю. Г. Монолитный бетон. Технология производства работ [Текст] / Ю. Г. Хаютин. – М. : Стройиздат, 1990. – 576с.
4. Колчеданцев, Л. М. Технологические основы монолитного бетона. Зимнее бетонирование. [Текст] : монография / Л. М. Колчеданцев, А. П. Васин. – М. : Лань, 2016. – 280 с.
5. Гнам, П. А. Технологии зимнего бетонирования в России [Текст] / П. А. Гнам, Р. К. Кивихарью. – СПб. : ПУ Петра Великого, 2016. – 25 с.

Получено 22.05.2018

А. С. НОСКОВ, С. І. СОХІНА  
ХІМІЧНІ ДОБАВКИ ДЛЯ ТВЕРДІННЯ БЕТОНУ ПРИ НИЗЬКИХ  
ТЕМПЕРАТУРАХ  
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

**Анотація.** У статті розглянуті основні переваги та недоліки застосування протиморозних добавок в бетонну суміш для її твердіння в умовах низьких температур. Вказана основна причина, яка перешкоджає набору міцності бетону в розглянутих умовах.

**Ключові слова:** бетон, низька (негативна) температура, хімічні добавки, твердіння, міцність.

ANTON NOSKOV, SVETLANA SOHINA  
CHEMICAL ADDITIVES FOR CONCRETE HARDENING AT LOW  
TEMPERATURES

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The main advantages and disadvantages of using antifreeze additives in a concrete mix, for its hardening under the conditions of low temperatures have been considered in the article. The main reason that prevents the strength of concrete in the conditions under consideration has been explained.

**Key words:** concrete, low (negative) temperature, chemical additives, hardening, strength.

**Сохина Светлана Ивановна** – кандидат химических наук, доцент кафедры прикладной химии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: теоретические и экспериментальные исследования физико-химических свойств и химических превращений органических соединений, используемых в строительстве; синтез низко- и высокомолекулярных соединений, содержащих ингибирующие и хромофорные группы.

**Носков Антон Сергеевич** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: оптимизация бетонных смесей с целью использования их при низких температурах.

**Сохіна Світлана Іванівна** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри прикладної хімії ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: теоретичні та експериментальні дослідження фізико-хімічних властивостей і хімічних перетворень органічних сполук, що використовуються в будівництві; синтез низько- і високомолекулярних сполук, що містять інгібуруючі і хромофорні групи.

**Носков Антон Сергійович** – студент ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: оптимізація бетонних сумішей з метою використання їх при низьких температурах.

**Svetlana Sohina** – Ph. D. (Chemistry), Associate Professor, Applied Chemistry Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: theoretical and experimental studies of the physical and chemical properties and chemical transformations of organic compounds used in construction; synthesis of low- and high-molecular compounds containing inhibitory and chromophoric groups.

**Noskov Anton** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: optimization of concrete mixes for the purpose of using them at low temperatures.