

УДК 693.54

## ТВЕРДЕНИЕ БЕТОНА С ДОБАВКОЙ «УКД-1» ПО МЕТОДУ «ТЕРМОСА»

О. Ю. МАРКО, Е. Е. КОРБУТ, А. А. МАСЛЕНКОВ

Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Добавка «УКД-1» – комплексная нанокремнекислородсодержащая добавка, сочетающая пластифицирующий эффект с эффектами ускорения твердения цементного бетона. Добавка предназначена для применения в конструктивных тяжелых и мелкозернистых бетонах на цементных вяжущих при изготовлении сборных бетонных и железобетонных изделий и возведении (устройстве) монолитных конструкций различного назначения с обычным и преднапряженным армированием с целью ускорения твердения бетона и снижения энергетических производственных затрат.

Твердение цементного бетона с комплексной добавкой «УКД-1» характеризуется развитием тех же физико-химических процессов, которые обуславливают его твердение без добавки.

Особенностями являются, во-первых, что они развиваются в условиях пониженного водосодержания за счет пластифицирующего компонента добавки. Во-вторых, в более высоком темпе и с образованием большего количества продуктов реакции клинкерных минералов цемента с водой затворения за счет эффекта от СН и УНМ [1]. В-третьих, за счет эффективности вещества УНМ, проявляющейся в понижении энергетического порога начала образования кристаллогидратов из водного раствора, насыщенного ионами клинкерных минералов цемента, как результата его взаимодействия с водой затворения, и ускоренного образования кристаллогидратов – продуктов этих реакций. А также за счет присутствия тончайших трубчатых УНМ в твердеющем цементном камне, создающих условия для эффекта «нано-, микроармирования». В целом, это способствует росту плотности, повышению темпа роста и уровня прочности бетона с добавкой.

Беспрогревная технология твердения бетона характеризуется отсутствием подвода тепла к нему от внешних искусственных источников. Рекомендуется дозировка добавки в 0,7 %...1,0 % от массы цемента (при необходимости получения литых бетонных смесей – 1,5 % от МЦ) и использования цемента 1-й группы эффективности при пропаривании (допускается использование цемента 2-й группы) и реализация мероприятий по максимальному накоплению (аккумуляции) теплоты экзотермии в объеме твердеющего бетона.

При разработке режимов твердения бетона в диапазоне температур 5 °С...30 °С (беспрогревная технология) использовали формы-опалубки из материалов, соответствующих материалам, из которых изготавливают формы и опалубки для сборного и монолитного строительства, в диапазоне их теплоизолирующих характеристик, соответствующих коэффициенту теплопередачи  $K_T = 0,6...3,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$ .

Кинетика твердения (роста прочности) тяжелого бетона при беспрогревном варианте технологии ведения работ зависит от температуры наружного воздуха, начальной температуры бетона, температуры его саморазогрева за счет тепловыделения (экзотермии) цемента и теплоизолирующих свойств тепловых устройств для сборных изделий и опалубки для монолитных конструкций, способствующих аккумуляции теплоты в объеме твердеющего бетона, что отражается общими закономерностями (рис. 1).

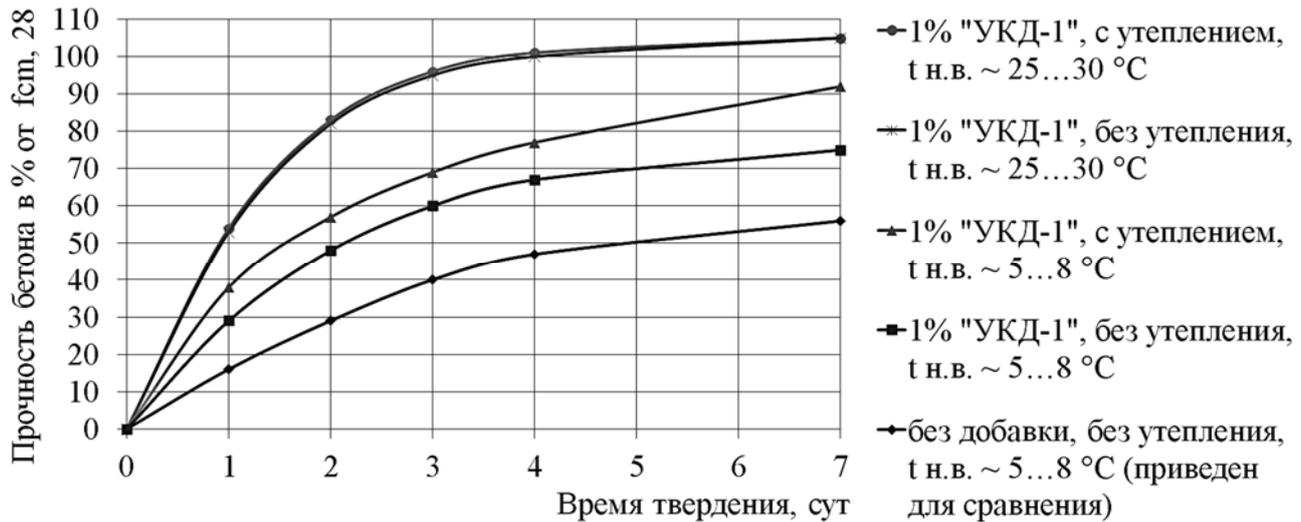


Рис. 1. Кинетика роста прочности бетона класса  $C^{12}/_{15}$  (твердение в фанерных формах)

Применение утепленных опалубок при твердении бетона по методу «термоса» с использованием добавки «УКД-1» создает требуемые условия для достижения бетоном прочности  $\geq 50$  % от проектной за 16...24 ч при  $t_{нв} \sim 20$  °C...30 °C, за 24...48 ч при  $t_{нв} \sim (12...15)$  °C, за 48...60 ч твердения при температуре наружного воздуха  $t_{нв}$  в 5 °C...8 °C. Прочность бетона  $\geq 70$  % от проектной в соответствующих условиях обеспечивается за 1,5...2, 2...3, 3...4 сут соответственно. Меньшие значения времени твердения относятся к утепленной опалубке с фанерной палубой ( $K_T \sim 0,6$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C)). Полученные значения прочности бетона обеспечивают бездефектную распалубку вертикальных и наклонных конструкций ( $\geq 50$  %), а также изгибаемых и с преднапряжением арматуры ( $\geq 70$  %). Утепленные опалубки рациональны к использованию и в осенне-весенний периоды работ при низкой положительной температуре среды, т. к. обеспечивают благоприятный температурный режим твердения бетона за счет аккумуляции (накопления) тепла экзотермии цемента в его объеме.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Рябчиков, П. В.** Перспективы применения отечественных углеродных наноматериалов в технологии тяжелых и высокопрочных бетонов / П. В. Рябчиков, Э. И. Батяновский // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов европейского союза в области строительства: материалы науч.-метод. семинара, Минск, 22–23 мая 2013 г. – Минск: БНТУ, 2013. – Ч. 2. – С. 159–172.