

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПРИ МНОГОКРАТНОМ ЗАМОРАЖИВАНИИ И ОТТАИВАНИИ**

Закорчемная Н.О., к.т.н., Закорчемный Ю.О., к.т.н., доц.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина*

**Введение.** Эффективность строительных материалов и конструкций из них в значительной степени определяются их способностью сохранять нормируемые показатели качества в запланированный промежуток времени эксплуатации [1]. Сохранение нормируемых показателей качества предполагает, что материал строительных изделий и конструкций способен сохранять и (или) трансформировать заложенные в нем структурные параметры в неблагоприятных эксплуатационных условиях. К неблагоприятным эксплуатационным условиям специалисты относят многократные увлажнение и высушивание, нагревание и охлаждение, замораживание и оттаивание, химическое воздействие жидких и газообразных агрессивных сред, ненормируемые статические и динамические нагрузки и т.п.

Способность сохранять основные свойства при действии попеременного замораживания и оттаивания в насыщенном водой состоянии характеризует морозостойкость бетонов. Большинство исследователей отмечают, что при многократном замораживании и оттаивании происходит морозное разрушение бетона. По определению, разрушение – микроскопическое нарушение сплошности материалов в результате тех или иных внешних воздействий. При этом отмечается, что разрушению происходит в результате разделения тел на части берегами трещин. В свою очередь трещину можно представить как несплошность материала, которая способна концентрировать в местах смыкания деформации и напряжения, значительно отличающиеся от средних значений в материале.

**Постановка задачи.** Проведенный анализ [2] показал, что замерзание свободной воды в объеме трещин ведет к взаимодействию рядом расположенных трещин, что изменяет распределение деформаций и напряжений в окружающем материале. Взаимодействие трещин определяет их взаимное влияние на дальнейшее поведение при морозных нагрузках. Механизм взаимовлияния трещин определяется геометрическими параметрами трещин, расстоянием между ними и ориентированием друг относительно друга. При взаимодействии трещин при замерзании в них свободной воды трещины могут изменять направление роста, объединяться, дробиться и тормозить свое дальнейшее развитие. Кроме того, как показал анализ, трещины, при выклинивании на берега других трещин, переходят в ранг внутренних поверхностей раздела. Все перечисленные ситуации изменения параметров начальных трещин превращает их в эксплуатационные трещины и вызывает изменение поврежденности материала при его замораживании и оттаивании.

Проведенный анализ позволяет заключить, что на распределение деформаций и напряжений в материале при замерзании свободной воды в трещинах оказывает влияние начальная форма технологических трещин. В свою очередь количество, ориентирование и форма технологических трещин в значительной степени зависят от исходного состава КСМ. Цементно-водные композиции рассматриваются как высококонцентрированные грубодисперсные лиофобные системы с лиофильной границей раздела фаз, которые стремятся снизить избыточную поверхностную энергию. Начальная организация структуры таких систем зависит от качественного и количественного составов частиц дисперсной фазы. Изменять состав частиц дисперсной фазы с целью управления процессами структурообразования предложено за счет введения наполнителей, рациональная дисперсность которых определяется природой минеральных наполнителей. В силу того, что использование наполнителей позволяет изменять начальную поврежденность цементного камня от которой в значительной степени зависит последующее сопротивление морозному разрушению, то была определена задача изучения влияния дисперсности и количества наполнителей на изменение поврежденности цементных композиций при их многократном замораживании и оттаивании.

**Методика исследований.** Замораживание и оттаивание образцов различного состава проводили по методике соответствующей ДСТУ Б В.2.7-47-96 – «Бетони. Методи визначення морозостійкості».

Цемент готовили из клинкера Одесского цементного завода путем совместного помола с двуводным гипсовым камнем (3% по массе) до  $S_y = 300 \text{ м}^2/\text{кг}$  в лабораторной шаровой мельнице. В качестве наполнителей был принят молотый до удельных поверхностей  $S_1 = 100 \text{ м}^2/\text{кг}$  и  $S_2 = 500 \text{ м}^2/\text{кг}$  кварцевый песок. В данных исследованиях дисперсность частиц наполнителей изменялась за счет изменения их удельной поверхности. Количество наполнителей составляло 70% по массе.

Из наполненного цементного теста нормальной плотности ( $B/C = 0,28$ ) формовались образцы размером  $0,04 \times 0,04 \times 0,16 \text{ м}$ . После твердения в нормальных условиях в течение 28-ми суток определялась поврежденность образцов. Количественно поврежденность оценивалась через коэффициент поврежденности  $k_n$ , который определялся из отношения кратчайшего расстояния между точками выходами трещины разрушения на поверхность образца ( $L_0$ ), к фактической длине магистральной трещины ( $L_p$ ),  $k_n = L_0/L_p$ .

Поврежденность определялась в течение всего периода испытаний на одних и тех же образцах. Для этого, после 28-ми суток нормального твердения отобранные образцы каждого состава высушивались и определялись протяженность поверхностных трещин. Поврежденность определяли после 25-ти и 50-ти циклов.

**Результат исследований.** Проведенные исследования показали, что изменение удельной поверхности наполнителей вызывает изменение начальной поврежденности, рис. 1.

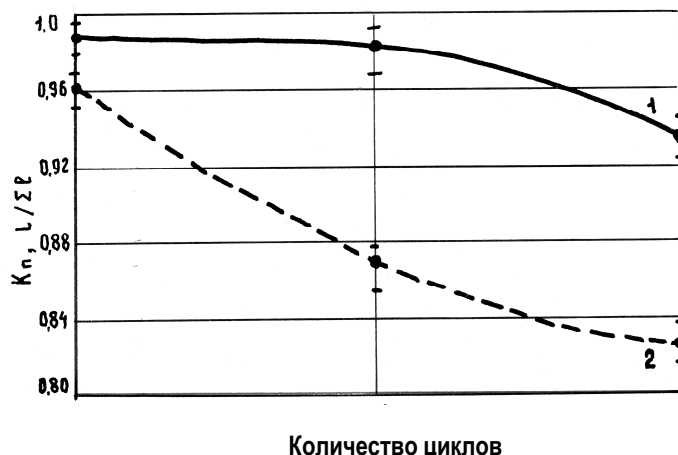


Рис. 1. Влияние удельной поверхности наполнителей на изменение начальной поврежденности

После первых 25-ти циклов замораживания и оттаивания заметно влияние дисперсности наполнителей на изменение поврежденности цементного камня. Использование наполнителей с  $S_1$  практически не оказывает влияние на изменение коэффициента поврежденности (кривая 1, рис.1.). Коэффициент поврежденности образцов из цементного камня с наполнителями  $S_1$  после 25-ти циклов снизился на 10% (кривая 2, рис.1).

Дальнейшее повышение количества циклов до 50-ти вызывает снижение коэффициента поврежденности в среднем на 5% независимо от удельной поверхности наполнителей. Можно отметить, что использование наполнителей  $S_1$  ведет к общему повышению поврежденности после 50-ти циклов замораживания и оттаивания на 8%, а наполнителей с удельной поверхностью  $S_2$  — на 14%.

Более наглядно представлено влияние удельной поверхности наполнителей по изменению скорости изменения  $k_n$  в зависимости от количества циклов замораживания и оттаивания, рис. 2.

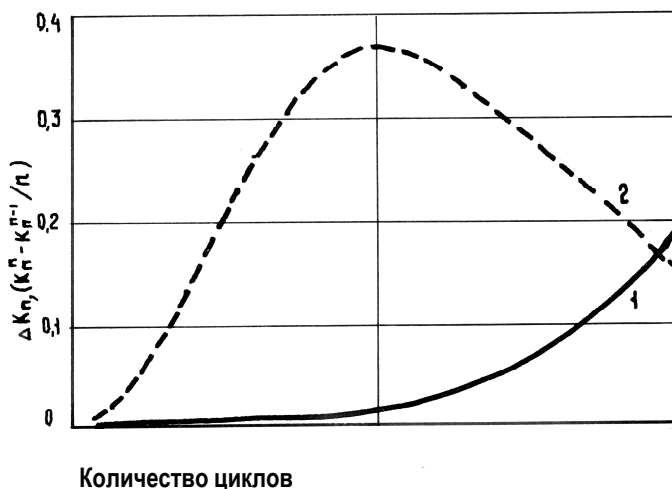


Рис. 2. Влияние удельной поверхности наполнителей на изменение коэффициента поврежденности

Изменение коэффициента поврежденности оценивали по отношению градиента поврежденности к количеству циклов, после которых получен данный градиент,  $k = (k_0 - k_n)/25_u$ .

Заметно изменяется  $k$  после первых 25-ти циклов замораживания и оттаивания в случае использования наполнителей с удельной поверхности  $S_1$  (кривая 2, рис.2).

Кроме того, анализ поверхностных трещин и поверхности разрушения образцов после определения прочности на растяжение при изгибе показали, что принятая методика определения коэффициента поврежденности не всегда адекватно позволяет количественно оценить действительное изменение поврежденности. Это связано с тем, что увеличение количества эксплуатационных трещин может привести к изменению рельефа трещин разрушения таким образом, что численные значения  $k_n$  не будут изменяться. Пример подобного влияния изменения эксплуатационной поврежденности на изменения коэффициента поврежденности представлен на рис. 3.

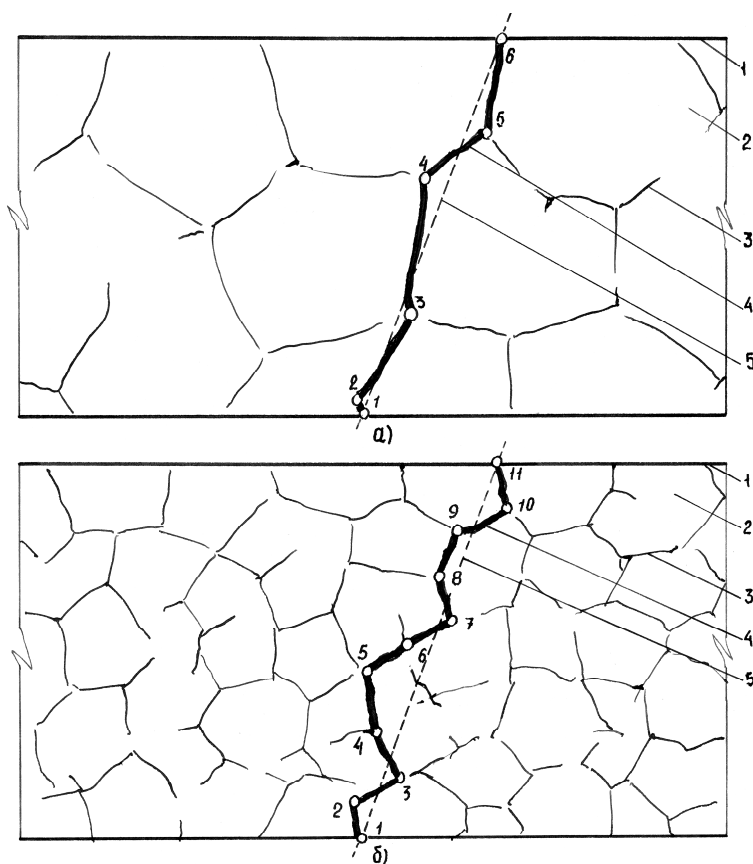


Рис 3. Влияние изменения эксплуатационной поврежденности на изменение коэффициента поврежденности.  
 а) образец при начальной поврежденности; б) образец после первых 25-ти циклов замораживания и оттаивания;  
 1 – поверхность образца;  
 2 – материал; 3 – трещина; 4 – поверхность раздела;  
 5 – кратчайшее расстояние между началом и концом трещины

Поэтому, при оценке изменения поврежденности образцов при их многократном замораживании и оттаивании, следует применять метод определения коэффициента поврежденности, который позволяет адекватно оценить фактическое изменение поврежденности.

### Выводы

Проведенные экспериментальные исследования показали, что при замораживании и оттаивании происходит изменение поврежденности цементного камня, которое можно количественно оценить через изменение коэффициента поврежденности  $K_{п}$ . Изменять начальную поврежденность можно при помощи минеральных наполнителей путем изменения их дисперсности. Как показали проведенные исследования, в зависимости от удельной поверхности наполнителей, как фактора регулирования технологической поврежденностью, изменяется поврежденность цементного камня после замораживания и оттаивания. В условиях наших опытов применение наполнителей с  $S_v = 500 \text{ м}^2/\text{кг}$  вызывает увеличение поврежденности до 14% после 50-ти циклов замораживания и оттаивания. Использование наполнителей с  $S_v = 100 \text{ м}^2/\text{кг}$  ведет к увеличению поврежденности эксплуатационными трещинами на 6%. Можно заключить, что использование минеральных наполнителей требуемой удельной поверхности позволяет изменять не только технологическую поврежденность КСМ, но и предопределяет развитие трещин в условиях многократного замораживания и оттаивания.

### SUMMARY

The change of damaged of cement stone and concretes is studied at their frequent freezing and thawing and it is rotined that the change of damaged depends on initial maintenance of technological cracks which, in same queue, is determined an amount and specific surface of influence of freezing and thawing.

### *Литература*

1. Выровой В.Н. Бетон в условиях ударных воздействий / Выровой В. Н., Дорофеев В. С., Фиц С. – Одесса : Внешрекламсервис, – 2004. – 271 с.
2. Загорчменная Н.О, Загорчменный Ю.О. Выровой В.Н., Суханов В.Г. Анализ механизмов изменения поврежденности КСМ при многократном замораживании и оттаивании Вісник ОДАБА – Одеса, 2010. – №39. – С.257–263.