

ВЛИЯНИЕ МАЛОЦИКЛОВОГО НАГРУЖЕНИЯ  
НА ДЕФОРМИРОВАНИЕ БЕТОНА

С. Д. СЕМЕНЮК, Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА, А. С. САМСОНОВА  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Анализ исследований современных ученых показал, что к малоцикловым относятся нагрузки с количеством циклов  $n \leq 2 \cdot 10^4$ . Немногократно повторными нагрузками также являются нагрузки с числом циклов для бетонных конструкций 10–500. К малоцикловым относятся такие нагрузки как ветровые, снеговые; нагрузки, вызванные землетрясением; от массы людей, мебели, складированных материалов.

Ученые выделили на диаграмме деформирования бетона две параметрические точки, характеризующие процесс трещинообразования в процессе нагружения. Первая параметрическая точка является границей микроразрушения  $\eta^0_{сгс}$  (нижняя граница микротрещинообразования) и определяется уровнем нагружения, при котором начинается процесс разупрочнения и в теле бетона появляются микротрещины отрыва. Вторая параметрическая точка  $\eta^V_{сгс}$  (верхняя граница микротрещинообразования) определяется уровнем нагружения, при достижении которого (в процессе увеличения нагрузки) в бетоне развиваются псевдопластические деформации и происходит накопление микроразрушений, в результате чего происходит слияние микротрещин в макротрещины, которые приводят к разрушению бетонной матрицы (рис. 1, а, б).

Экспериментально установлено, что основные процессы деформирования бетона заканчиваются после действия первых десяти циклов. С увеличением числа циклов нагружения влияние режима нагружения на прочность уменьшается (рис. 1, в). Это объясняется тем, что проблему многоциклового усталости можно охарактеризовать как проблему прочности, а малоциклового усталости – как проблему граничного деформирования.

Также опытным путем установлено, что деформации бетона, предшествующие разрушению, при малоцикловом нагружении значительно выше, чем при статическом, что объясняется перераспределением внутренних усилий между цементно-песчаной матрицей и заполнителем. При высоких уровнях нагружения бетон разупрочняется, и ширина петли гистерезиса растет от цикла к циклу вплоть до разрушения. При низких и средних уровнях бетон ведет себя как материал, циклически уплотняющийся, затем следует период стабилизации. Была отмечена следующая особенность: в большинстве случаев малоцикловые нагрузки приводят к уменьшению конечных деформаций бетона в сравнении с

однократным нагружением. Однако, при уровне нагружения, близком к верхней границе микротрещинообразования, деформации бетона значительно (на 20–30 %) превышают деформации на том же уровне для образцов, испытанных монотонным нагружением и многократно повторной нагрузкой с низким и средним уровнями (рис. 1).

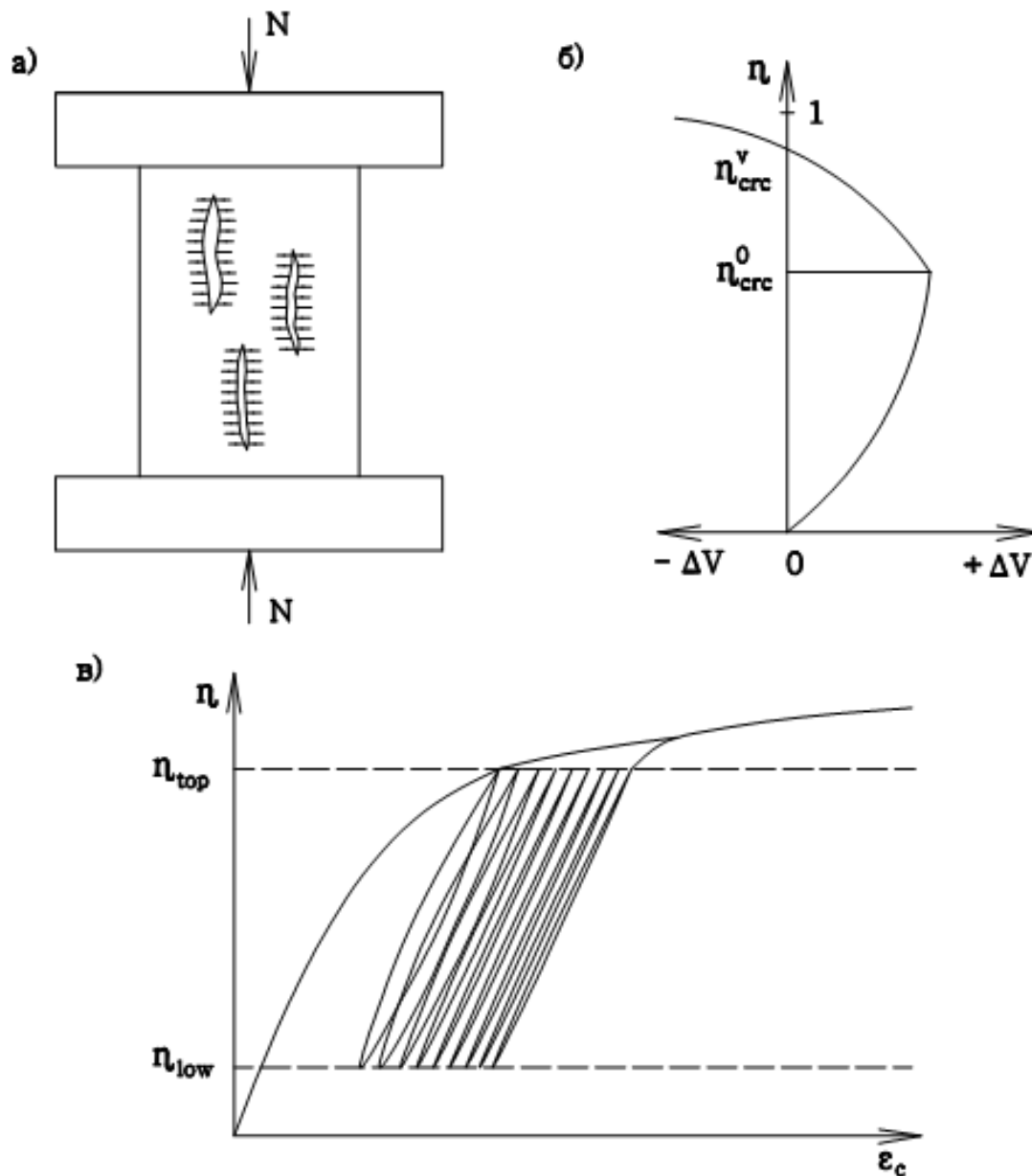


Рис. 1. Схематичное изображение: а – образования трещин в бетонном образце при сжатии; б – изменение скорости прохождения ультразвука через образец в процессе нагружения; в – петля гистерезиса и огибающей кривой для случая малоциклового нагружения;  $\eta_{low}$  и  $\eta_{top}$  – соответственно нижний и верхний уровень напряжений