

# СОЗИДАТЕЛЬНАЯ И РАЗРУШАЮЩАЯ РОЛЬ ТРЕЩИН В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ КОНСТРУКЦИИ-СИСТЕМЫ

В.Н. Выровой<sup>1</sup>, О.А. Коробко<sup>1</sup>, В.Г. Суханов<sup>1</sup>, О.И. Башинский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина

<sup>2</sup>Львовский государственный университет безопасной жизнедеятельности МЧС Украины

Technological cracks and inner surfaces of partition are the active elements of the structure, capable to respond to external and internal influences, defining structural "reorganization" of system and, thereby, ensuring its external and internal safety. Changes of the structure of the material can be evaluated using the coefficients damage depending on the purpose of researches, methodical and hardware providing.

Жизненный цикл конструкции-системы включает в себя время от момента ее изготовления и периода функционирования до вывода из режима эксплуатации. Выход из нормированного режима эксплуатации связан, как правило, с такой эволюцией структуры материала, при которой активные структурные элементы достигают критических размеров. К активным элементам структуры отнесены трещины и внутренние поверхности раздела, присутствующие на всех уровнях неоднородностей материалов с полиструктурной организацией [1].

В термине «трещина» содержится, по нашему мнению, смысловой дуализм, являющийся отражением его диалектической противоречивости. Поэтому следует разделить смысловую нагрузку данного термина в зависимости от той роли, которую трещина выполняет в материале. По нашему мнению, в общем случае под термином «трещина» следует понимать созидательную и разрушительную роль в структурном преобразовании материала конструкций.

Трещины-созидатели (ТС) – это трещины, которые самозародились на различных уровнях структурных неоднородностей в период становления материала и которые способны, изменяя свои параметры, стабилизировать метаморфозы структуры на своем уровне неоднородностей, включать в работу метастабильные элементы, превращаться во внутренние поверхности раздела и, тем самым, релаксировать деформации и напряжения, воспринимать и перераспределять на своих берегах объемные деформации и т.п. К трещинам-созидателям относятся технологические трещины, которые естественным способом превращаются в трещины эксплуатации. Наличие в материале ТС делает структуру такого материала диссипативной, а их присутствие на различных структурных уровнях позволяет заключить о фрактальности материала конструкции. Таким образом, созидательная роль трещин, как объективно существующих элементов структуры, заключается в их влиянии на локальные структурные изменения материала, направленные на сохранение его свойств при действии на конструкцию всего комплекса нормируемых и ненормируемых эксплуатационных нагрузок.

По определению разрушение – это разделение материала на две или более частей берегами трещин при действии на материал внешних нагрузок. Таким образом, согласно существующим представлениям, разрушение представляет собой конечный результат развития трещин в материале. Это позволяет отнести к трещинам-разрушителям (ТР) трещины, которые способны разделить своими берегами материал образцов, конструкций, зданий, сооружений и других объектов на отдельные части. Такие трещины, как правило, не возникают в материале сразу (за исключением катастрофических ситуаций). Они проходят определенные этапы развития [2, 3]. Предполагается, что трещины-разрушители появляются в структуре материала как результат исчерпания созидательных функций ТС. Кроме того, не исключены ситуации, при которых увеличивается количество ТС в единице объема структурного блока с их спонтанным укрупнением до размера ТР (объемное разрушение). Для полиструктурных материалов зарождение и начальное развитие трещин происходит в

технологический период получения материала и его переработки в готовое изделие. Дальнейшая сопротивляемость разрушению в значительной степени будет зависеть от инфляции соиздательной роли начальных трещин и их перехода в ранг трещин разрушения, что определяет потенциал внутренней безопасности конструкции. Для этого необходимо количественно оценить изменение общего количества трещин в материале.

В работах [4, 5] поврежденность цементного камня и бетона технологическими и эксплуатационными дефектами предложено оценивать при помощи коэффициентов поврежденности  $K_{\Pi}$ . Для определения  $K_{\Pi}$  предложено общую протяженность дефектов  $\sum L$  соотнести с площадью поверхности, на которой они проявились,  $a^2$ ,  $K_{\Pi} = \sum L / a^2$  (см/см<sup>2</sup>).

Физическая сущность  $K_{\Pi}$  заключается в определении протяженности (длины) активных элементов на площади в см<sup>2</sup>. Предложенный метод позволяет оценить изменение интегральной поврежденности после структурных изменений, произошедших в материале при действии на него внешних нагрузок. Однако коэффициент поврежденности не позволяет оценить изменение параметров активных элементов в зависимости от их вида. Для этого можно ввести два коэффициента, один из которых позволяет оценить поврежденность через общую протяженность трещин ( $K_{\Pi}^T = L_T / S$ ), а другой – через протяженность внутренних поверхностей раздела ( $K_{\Pi}^{TP} = L_{TP} / S$ ). Изменение поврежденности можно оценить из соотношения:  $\Delta K_{\Pi} = K_{\Pi} / K_{\Pi 0}$ , где  $\Delta K_{\Pi}$  – изменение поврежденности;  $K_{\Pi 0}$  – коэффициент технологической поврежденности;  $K_{\Pi}$  – коэффициент поврежденности после воздействия на систему эксплуатационных нагрузок.

Трудность реализации данного метода заключается в достаточно сложной методике обнаружения, фиксации и определения протяженности активных элементов на поверхности образца. Кроме того, проявленные трещины могут принадлежать разным уровням структурных неоднородностей, а методика предполагает соотносить их с уровнем образца (конструкции). Это не позволяет объективно оценить роль активных структурных элементов в формировании свойств материалов как сложных систем (полиструктурных материалов).

Анализ поверхностей разрушения образцов после определения прочности на растяжение при изгибе показал, что разрушающая трещина имеет достаточно сложную траекторию развития. Испытание образцов с проявленными технологическими и эксплуатационными трещинами позволило установить, что трещина разрушения проходит, как правило, по уже существующим трещинам и внутренним поверхностям раздела. Это подтвердило влияние структуры на характер разрушения сложноорганизованных материалов и дало возможность предложить методику определения  $K_{\Pi}$ , при которой определяется фактическая протяженность трещины разрушения  $L_T$ :  $K_{\Pi} = L_T / L_0$ , где  $L_0$  – высота образца. После испытания образцов  $K_{\Pi}$  можно определить из зависимости:  $K_{\Pi} = S_T / S_0$ , где  $S_T$  – площадь поверхности разрушения образца;  $S_0$  – номинальная площадь поверхности сечения образца. Предложенный метод определения  $K_{\Pi}$  основывается на энергетическом подходе, при котором предполагается, что магистральная трещина стремится при своем росте минимизировать высвобождающуюся поверхностную энергию за счет минимизации площади поверхности берегов трещины. К существенным недостаткам данной методики определения  $K_{\Pi}$  можно отнести установленные факты определения одинаковой длины трещин разрушения (равной площади поверхности разрушения) при существенно различных рельефах берегов трещин (площадок разрушения). Косвенную оценку поврежденности можно получить из выражения:  $K_{\Pi} = S_B / S_0$ , где  $S_B$  – площадь единичного структурного блока;  $S_0$  – площадь одной из граней образца.

Рассмотренные методы количественной оценки поврежденности далеки от совершенства и, к сожалению, не всегда позволяют оценить «полезность» или «опасность» отдельных элементов структуры. В то же время при помощи  $K_{\Pi}$  можно оценить влияние рецептурно-технологических факторов на изменение поврежденности

цементного камня и бетона. Более информативно насыщенными являются результаты по изменению  $K_{II}$  при эксплуатации материала в условиях многократного увлажнения и высушивания, замораживания и оттаивания, а также действия динамических силовых нагрузок (рис.1).

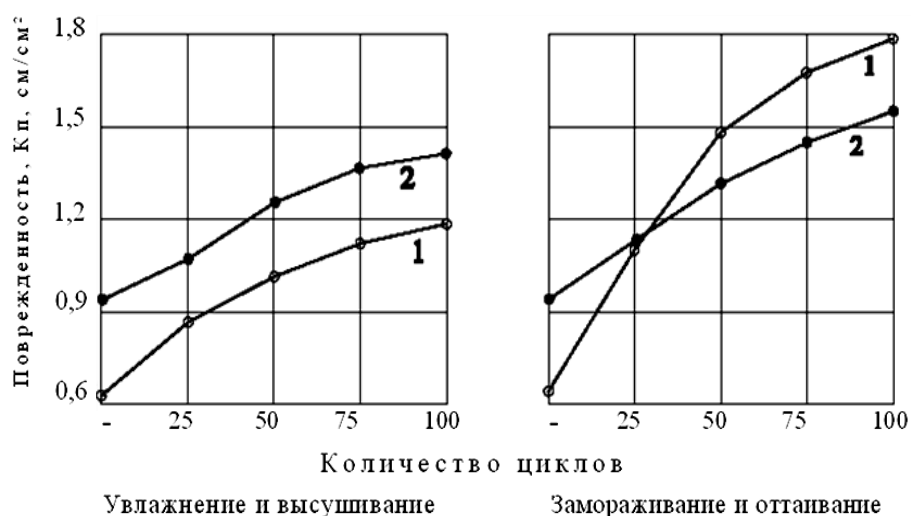


Рис.1. Изменение поврежденности в условиях малоцикловых эксплуатационных воздействий:  
 1 – цементный камень (В/Ц=0,28); цементный камень с наполнителем (В/Ц=0,28; Н=20%;  $S_v=100 \text{ м}^2/\text{кг}$ ).

Экспериментальные исследования позволили рекомендовать методы направленного изменения технологической поврежденности с целью прогнозированного изменения  $K_{II}$  для обеспечения требуемой стойкости материала с учетом условий его эксплуатации. Приведенные данные по количественной оценке поврежденности материалов технологическими дефектами и, в зависимости от условий внешнего воздействия, изменению эксплуатационной поврежденности, подтверждают активность существования элементов структуры в виде трещин и внутренних поверхностей раздела на отдельных уровнях структурных неоднородностей (цементный камень, раствор, бетон) и их роль в жизненном цикле конструкций-систем.

#### Литература:

1. Выровой В.Н. Композиционные строительные материалы и конструкции. Структура, самоорганизация, свойства / В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, В.Г. Суханов. – Одесса: Изд-во «ТЭС», 2010. – 169с.
2. Фудзин Т. Механика разрушения композиционных материалов / Т. Фудзин, М. Дзако. – М.: Мир, 1982. – 232с.
3. Брок Д. Основы механики разрушения / Д. Брок. – М.: Высшая школа, 1980. – 368с.
4. Выровой В.Н. Оценка влияния технологической поврежденности при помощи коэффициента интенсивности напряжений / В.Н. Выровой, Н.Ю. Ширяева, С.С. Макарова // Принятие рецептурно-технологических решений по экспериментально-статистическим моделям. – Одесса: ОИСИ, 1994. – С.5-6.
5. Дорофеев В.С. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций / В.С. Дорофеев, В.Н. Выровой. – Одесса: Город мастеров, 1998. – 168с.