

Роман Орлович

Брестский политехнический институт

О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Инвестиционная политика последних лет направлена на перераспределение капиталовложений в пользу реконструкции основных фондов. В перспективе такая тенденция будет сохраняться, учитывая нарастающий физический износ зданий и сооружений, а также необходимость перепрофилирования ряда производств в условиях перехода к рынку. Это ставит перед строительной наукой новые задачи, наиболее актуальной из которых является обеспечение надежности и продление срока службы строительных конструкций в существующих зданиях и сооружениях.

Практический интерес здесь представляют железобетонные и каменные конструкции, как наиболее массовые. Восстановление их эксплуатационных свойств часто достигается путем усиления, необходимость в котором оценивается расчетным путем с учетом имеющихся дефектов и повреждений.

Важным при этом является оценка долговечности усиленных конструкций, которая должна соотноситься со сроком службы объекта в целом. Очевидно, что превышение долговечности одной восстановленной конструкции над сроком службы объекта в целом приводит к меньшим экономическим издержкам, чем множества конструкций массового применения, например, плит перекрытий и покрытий, стеновых панелей. Отметим, что вопросы оптимизации сроков службы восстанавливаемых конструкций рассмотрены в [4]. В данной же работе обсуждаются некоторые аспекты определения их долговечности.

Расчет восстановленной конструкции «с элементами усиления» как правило осуществляется на основе действующих нормативных документов. Таким образом предполагается, что восстановленная конструкция как бы возвращается в исходное состояние, т.е. параметры ее надежности (долговечность, межремонтный срок службы и др.) принимают первоначальные значения.

Такое предположение, однако, является ошибочным. Это связано с тем, что процессы накопления дефектов и поврежде-

ний в конструкциях с элементами усиления и без них могут протекать по разным законам. При этом вероятности их безотказной работы также будут подчиняться различным закономерностям (рисунок). Причиной тому является различие механических свойств материалов конструкции и элементов усиления, а также соединений между ними. Кроме того в ряде случаев существенно меняется расчетная схема восстанавливаемых конструкций. В результате совместная работа материалов конструкции и элементов ее усиления протекает на фоне развивающихся во времени релаксационных процессов и перераспределения усилий [1,2,3].

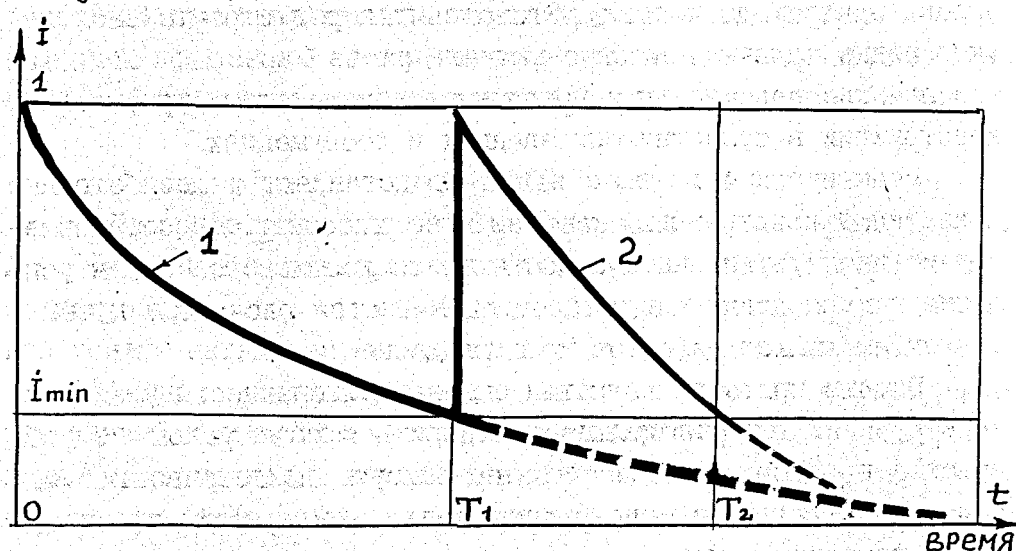


Рис.1 Изменение вероятностей i безотказной работы во времени для эксплуатируемой (1) и восстановленной (2) конструкции.

В связи с изложенным методика расчета восстанавливаемых конструкций на заданную долговечность будет отличаться от таковой для вновь проектируемых конструкций. В последнем случае, как известно, в расчет вводят задаваемые по СНиП для классов и марок бетона параметры, обеспечивающие заданный срок службы. Затем запроектированную конструкцию проверяют на соответствие требованиям СНиП в конце заданного срока службы (исключая внешние слои бетона, потерявшие прочность вследствие деструктивных процессов при контакте с внешней средой, и учитывая увеличение прочности внутренних слоев в

результате структурообразующих процессов». При этом изменение расчетных характеристик материалов конструкции прогнозируют по результатам исследования их образцов, которые отбираются из конструкций, эксплуатировавшихся в аналогичных условиях, и на основе известных закономерностей о кинетике деструктивных и структурообразующих процессов /4,5/.

Очевидно, что указанные изменения во времени свойств материала конструкции будут влиять на ее дальнейшую совместную работу с элементами усиления. При этом сечения восстановленной конструкции становятся неоднородными с изменяющимися во времени механическими характеристиками. Оценка сроков службы таких конструкций на основании действующих норм (СНиП 2.03.01-84) не представляется возможной. Расчетные модели последних, равно как и зарубежных норм, не учитывают фактор времени в явном виде. В связи с этим воспользуемся методикой /2,3/.

В качестве примера рассмотрим центрально сжатый нагрузкой $P(t)$ железобетонный стержень сечением A_{red} , который усилен по периметру железобетонной обоймой A_{red}^* . Долговечность T такого стержня определяем его наработкой до первого отказа, наступающего в результате истощения прочности бетона. В связи с этим используем принцип суммирования повреждаемостей

$$\sum_{i=1}^k \frac{\Delta t_i}{t_{pi}(\sigma_i)} = 1 \quad (1)$$

где t_{pi} - время до разрушения бетона при $\sigma_i = const$, которые для бетона стержня определяются из экспериментальной зависимости его длительной прочности, например, вида

$$\sigma / R_{ty} = A - b \lg(t - \tau) \quad (2)$$

Здесь R_{ty} - прочность бетона стержня в момент его усиления. Для бетона обоймы, контактирующей с внешней средой, зависимость (2) конкретизируется исходя из экспериментально установленных закономерностей о кинетике деструктивных процессов /1/.

Действующие в бетоне стержня и обоймы напряжения $\sigma(t)$ определяются из условия совместности их деформаций. С этой целью используется уравнение деформирования бетона наследственного типа

$$\varepsilon(\tau) = \sigma(\tau_1) \delta(t, \tau_1) + \int_{\tau_1}^{\tau} \frac{d\sigma(\tau)}{d\tau} \delta(t, \tau) d\tau + \Delta_y(\tau), \quad (3)$$

где $\delta(t, \tau)$ - удельные деформации ползучести бетона;

$\Delta_y(\tau)$ - усадочные деформации (для бетона обоймы).

Решение задачи осуществляется в матрично - операторной форме, в результате чего напряжения в бетоне стержня в любой момент времени τ_i ($i=1,2,3,...,m$) определяется из выражения /2/.

$$[\sigma] = [A]_{red}^{-1} [1]A_{red} E \delta + [1]A_{red}^{*-1} [P], \quad (4)$$

где $[1]$ - единичная матрица порядка m ;

$[A]$ - матрица податливости бетона.

Напряжения в бетоне обоймы $\sigma^*(\tau)$ находятся из условия статического равновесия сечения

$$[\sigma]A_{red} + [\sigma^*]A_{red}^* = [P] \quad (5)$$

В результате долговечность усиленного стержня с учетом /1/ определяется минимальной долговечностью бетона стержня или обоймы

$$T_{min} = \Delta t * k$$

Пример расчета подобного стержня приводится в /2/

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлович Р.Б. К вопросу совершенствования нормативных методов расчета строительных конструкций. Проблемы прочности и снижения материалоемкости строительных конструкций. - Польша, Люблин, 1992.- с.83-88.
2. Орлович Р.Б. Левчук А.С. О прогнозировании долговечности стержней из стареющих материалов при действии переменных во времени осевых усилий /Депонир. во ВНИИС Госстроя СССР, N 5100/ 84.- 1984.
3. Орлович Р.Б. Некоторые вопросы оценки долговечности статически неопределимых стержневых систем из вязкоупорных материалов. /Депонир. во ВНИИС Госстроя СССР, N 4973/ 84.- 1984.
4. Колотилкин Б.М. Надежность функционирования жилых зданий. - М.: Стройиздат, 1989.
5. Ройтман А.Г. Надежность конструкций эксплуатируемых зданий. - М.: Стройиздат, 1985.