

РАСЧЕТ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

СБ. Шматков



Шматков Сергей Борисович
Челябинск, директор ООО ПТИ
«Спецжелезобетонроект», к.т.н.

В статье предлагается метод отслеживания технического состояния конструкции за время ее эксплуатации и последующая экстраполяция полученных параметров до достижения конструкцией предельных значений

При обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений, оценке их технического состояния, расчет остаточного ресурса строительных конструкций и их элементов является важным и информативным этапом.

Для зданий и сооружений на опасных производственных объектах, конструкции которых исчерпали нормативный срок эксплуатации, расчет остаточного ресурса является обязательным [1].

Предлагаемый способ расчета остаточного ресурса базируется на отслеживании параметров, определяющих техническое состояние конструкции, за время эксплуатации и экстраполяции этих параметров до достижения ими предельных значений [2]. Методика расчета остаточного ресурса предполагает, что имеется достоверная информация о техническом состоянии конструкции и выполнены поверочные расчеты с учетом имеющихся дефектов, повреждений, фактических свойств материалов для некоторых моментов эксплуатации. Предельные состояния принимаются в соответствии с правилами проектирования строительных конструкций по предельным состояниям и дополняются конструктивными требованиями.

Исправное состояние предполагает выполнение следующих условий:

1) первого предельного состояния

$$[F_l(x_m)]_n \leq R_{l,n}, \quad (1)$$

где $F_l(x_m)$ – функция, характеризующая нагруженность конструкции; индекс l обозначает вид расчета по первому предельному состоянию (прочность, устойчивость, усталостное либо хрупкое разрушение и т.п.); x_m – параметры, определяющие значения функций F_l (внутренние силы, геометрические характеристики сечений и т.п.); $R_{l,n}$ – расчетные характеристики материалов, используемые в l -м расчете по первому предельному состоянию; n – номер расчетного участка (сечения);

2) второго предельного состояния

$$[S_j(y_m)]_n \leq S_{j,u}, \quad (2)$$

где $S_j(y_m)$ – функции, характеризующие деформированное состояние; индекс j обозначает вид де-

формации (перемещение, прогиб, ширину раскрытия трещин и т.п.); y_m – параметры, определяющие значения функции S_j ; $S_{j,u}$ – предельные значения j -й деформации;

3) конструктивных требований

$$C_{k,n}^p \leq c_{k,u}^p, \quad (3)$$

где $C_{k,n}$ – конструктивный параметр (геометрические размеры элементов, прочностные, жесткостные характеристики и т.п.) на участке n ; $c_{k,u}$ – предельное значение конструктивного параметра; p – показатель степени, служащий для унификации неравенства (3), причем $p = 1$, если по нормам требуется, чтобы C_k не превосходил $c_{k,u}$ и $p = -1$, если требуется, чтобы C_k был не меньше $c_{k,u}$.

Выполнение условий (1) – (3) характеризуется коэффициентами запасов $k_{l,n}$, $k_{j,n}$, $k_{k,n}$, представляющих собой отношения правых и левых частей данных неравенств. Исправное состояние предполагает, что все коэффициенты запаса не меньше единицы. Несущая способность (прочность), устойчивость конструкции, недопущение усталостного или хрупкого разрушения будут обеспечены при выполнении $k_{l,n} \geq 1$. Коэффициентом запаса конструкции по первому предельному состоянию k_f является минимальное значение $k_{l,n}$, т.е.

$$k_f = \min(k_{l,n}).$$

Необходимым условием для пригодности конструкции к безопасной эксплуатации является выполнение требования $k_f \geq 1$.

Коэффициентом запаса конструкции по второму предельному состоянию k_s является минимальное значение $k_{j,n}$, т.е.

$$k_s = \min(k_{j,n}).$$

При значении $k_s < 1$ затрудняется нормальная эксплуатация конструкции и (или) снижается ее долговечность из-за недопустимых деформаций (осадок прогибов, кренов, раскрытия трещин).

Конструктивные требования (3) это ограничения по геометрическим прочностным, жесткостным параметрам конструкции, по воздействиям среды, устанавливаемые нормативными документами. Их можно разделить на две группы. В первом случае нарушения конструктивных требований вызываются дефектами строительства и незначительными повреждениями (отклонения в геометрических размерах, искривления, нарушение толщины защитного слоя бетона и т.п.). Они приводят к дополнительному увеличению напряжений и деформаций и должны учитываться в расчетах по первому и второму предельным со-

стояниям. Вторая группа конструктивных требований относится к минимально необходимым прочностным и жесткостным характеристикам конструкции, остаточным толщинам, недопустимым технологическим воздействиям (температура, агрессивность среды). Нарушения второй группы конструктивных требований, как правило, качественно меняет поведение конструкции, делает недостоверными выбранные расчетные схемы и способы расчетов. Такие нарушения должны рассматриваться как повреждения категории «А» с принятием незамедлительных противоаварийных мероприятий.

При расчете остаточного ресурса рассматривается изменение коэффициентов запаса $k_{i,n}$, $k_{j,n}$ и $k_{k,n}$ во времени от начального состояния в момент времени t_0 до рассматриваемого времени эксплуатации конструкции t . За начальное состояние конструкции (при пуске в эксплуатацию) может быть принято ее проектное состояние, дополненное сведениями из исполнительной документации. Если в промежуток времени от t_0 до t достоверные расчетные данные отсутствуют, изменение коэффициентов запаса во времени допускается аппроксимировать квадратичной зависимостью (см. рисунок). В этом случае время, когда коэффициент запаса достигает предельного значения равного единице, вычисляется по формуле:

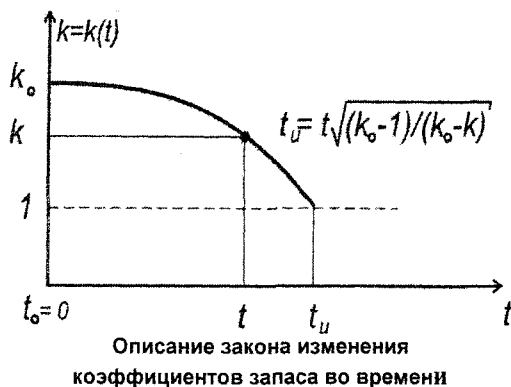
$$t_u = t_0 \sqrt{(k_0 - 1)/(k_0 - k)}. \quad (4)$$

В случае, когда в промежутке времени от t_0 до t есть данные по расчетам конструкции и вычислены соответствующие коэффициенты запаса, для определения t_u могут использоваться более сложные аппроксимации зависимостей $k = k(t)$ с использованием трех и более точек.

После вычисления значения t_u по коэффициентам запаса для первого предельного состояния $k_{i,n}$ и по коэффициентам запаса для второй группы конструктивных требований $k_{k,n}$ определяется остаточный ресурс конструкции как минимальный из всех рассчитанных

$$T = \min [(t_u - t)_n \beta_n], \quad (5)$$

где β_n – поправочный коэффициент, учитывающий влияние некоторых неучтенных в расчетах



факторов, таких как превышение нормативного срока эксплуатации конструкции, раскрытие трещин в железобетонных конструкциях в прогнозируемый период больше предельных значений; статическую неопределенность рассматриваемого элемента конструкции и возможность перераспределения усилий и т.п.

В тех случаях, когда здание, сооружение или конструкция усилены, частично заменены или реконструированы, начальное состояние усиленных либо замененных элементов (время t_u) принимается соответствующим началу эксплуатации после ремонта.

Изложенный способ расчета остаточного ресурса реализован в виде стандарта предприятия 000 Проектно-технологический институт «СПЕЦЖЕЛЕЗОБЕТОНПРОЕКТ» и используется при обследованиях и экспертизах промышленной безопасности зданий и сооружений.

Литература

1 Положение о порядке продления срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений на опасных производственных объектах. Утв. пост. № 43 Госгортехнадзора России от 09.07.2002; зарегистрированы Минюстом РФ 05.08.2002, № 3665.

2 РД 09-102-95 Методические указания по определению остаточного ресурса потенциально опасных объектов, поднадзорных Госгортехнадзору России. Утв. пост. № 57 Госгортехнадзора России от 17.04.1995.