**УДК 624.012**

**ЗАДАЧА РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСЧЕТНОЙ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

О.А. АГАЕВА, В.М. КАРПЮК, д.т.н.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

*65029, Украина, г. Одесса, ул. Дидрихсона, 4*

*E-mail: olga.agayeva@mail.ru*

Возведение и реконструкция зданий и сооружений непосредственно связаны с проблемой надежности строительных конструкций, ведущая роль в решении которой принадлежит Н.С. Стрелецкому [1], А.Р. Ржаницину [2], В.В. Болотину [3], A.M. Freudenthal [4], A.I. Johnson [5] и др.

При проектировании закладывается нормативная надежность конструкций (исходя из требований норм на проектирование [6, 7]), которая косвенно отображает необходимый запас прочности конструкций на восприятие действующих нагрузок [8].

Однако случайный характер воздействий на строительные конструкции потребовал применения вероятностно-статистических методов их расчета, которые успешно используются при конструировании и расчете элементов зданий [9], а именно:

1. В вариантном проектировании при сравнении вариантов. Показатель надежности конструкции и сооружения служит одним из критериев для выбора оптимального варианта.

2. При обследовании существующих конструкций с целью определения необходимости их усиления. Усиление может выполняться для увеличения надежности конструкции по какому-либо предельному состоянию.

3. При обследовании промышленных зданий и сооружений с целью реконструкции под новый технологический режим. Надежность конструкций под новые нагрузки и воздействия может оказаться меньше допустимой. Возникает необходимость их усиления или демонтажа с последующей заменой на новые.

Рассмотрение методов вероятностного расчета конструкций, приведенное в работах [10, 11], показало, что наиболее подходящим показателем для задачи нормирования и регулирования надежности железобетонных конструкций следует считать характеристику безопасности *β*. Эта характеристика нашла широкое применение в мировой практике и является нормированной величиной в Еврокодах [12]. Для различных предельных состояний *β* подсчитывают по формулам [10]:

- при расчете по предельным состояниям первой группы и по образованию трещин:

 (1)

где: – математическое ожидание рассматриваемого усилия;

 – математическое ожидание несущей способности по рассматриваемому предельному состоянию;

 *Cv(F)* и *Cv(R)* – коэффициенты вариации этих параметров;

 *rRF* – нормированный корреляционный момент *R* и *F*;

- при расчете по перемещению или раскрытию трещин:

 (2)

где: – математическое ожидание перемещения или ширины раскрытия трещины;

 [*у*] – их допустимая величина.

Регулирование расчетной надежности элементов конструкций можно рассматривать как оптимизацию величины характеристики безопасности *β*. В такой трактовке задача поставлена и решена в общем виде в исследованиях М.М. Заставы [10]. В этих работах оптимизация обеспеченности работы элемента по предельным состояниям рассматривается как удержание величины *β*, насколько это оказывается возможным, в некоторых пределах. Эти пределы определяются многолетней практикой строительства, а также необходимой обеспеченностью по той или иной группе предельных состояний.

Оптимальные величины характеристики безопасности *βопт*, ниже которых не должны быть величины *β*, обосновываются по исследованиям А.П. Кудзиса [13]. Когда расчет ведется по предельным состояниям первой группы, *βопт* принимается равным:

- для ненапрягаемых железобетонных элементов гражданских и промышленных зданий и сооружений – 3,5;

- для аналогичных элементов с предварительным напряжением арматуры – 4,0;

- для сооружений типа резервуаров и емкостей – 3,8;

- для элементов пролетных строений мостов – 3,7.

При расчете по предельным состояниям второй группы, исходя из обеспеченности 0,95, *βопт* = 1,46.

С позиций операционного программирования для решения задачи оптимизации необходим выбор целевой функции. Такой функцией может служить, по предложению М.М. Заставы, положительная величина разности между рассчитанной по формулам (1) – (2) величиной *β* и ее оптимальным численным значением. Из экономических соображений эта разность должна быть минимальной:

 (3)

Регулируемыми переменными в управлении расчетной надежностью принимаются основные аргументы расчетных формул нормативных документов [6, 7] *Xk*. В качестве метода оптимизации используется вариантный метод возможных направлений, имеющий итерационную процедуру [14]. Основные ограничения вида

 (4)

определяются нормативными документами. Дополнительные ограничения математической модели задачи

 (5)

Регулируемые переменные изменяются с целью получения условия (3) с учетом экономической эффективности их варьирования. Критерием эффективности может служить минимум себестоимости конструкции.

Выбор направления оптимизации необходимо соотносить с направленностью влияния каждого фактора на параметр состояния и его изменчивость. Дело в том, что один и тот же фактор при изменении его в определенном направлении может, к примеру, вызывать одновременно увеличение несущей способности элемента и уменьшение характеристики надежности.

Следствием регулирования надежности железобетонных элементов может быть как экономия материалов и энергоресурсов, так и увеличение степени их обеспеченности в стадии эксплуатации по различным предельным состояниям.

***Литература***

1. Стрелецкий Н.С. Основы статистического учета коэффициента запаса прочности сооружений. – М.: Стройиздат, 1947. – 94 с.

2. Ржаницин А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. – М.: Стройиздат, 1978. – 238 с.

3. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. – М.: Стройиздат, 1982. – 352 с.

4. Freudenthal A.M. The safety of structures. Proc. Amer. Soc. Civ. Engrs, 1947. – vol. 112, № 1. – Р. 125 – 180.

5. Johnson A.I. Strength, Safety and economical dimensions of structures, Bull. of Div. Struct. Engng, Roy. Inst. Techn. Stockholm, 1953. – № 12. – Р. 73 – 78.

6. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування: ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний від 2010 – 09 – 01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 97с. – (Державні будівельні норми України).

7. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого залізобетону. Правила проектування: ДСТУ Б В.2.6-156:2010. – [Чинний від 2011 – 06 – 01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118с. – (Національний стандарт України).

8. Добромыслов А.Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам. – Москва: АСВ, 2008. – 72 с.

9. Афанасьев А.А., Матвеев Е.П. Реконструкция жилых зданий. Часть I. Технологии восстановления эксплуатационной надежности жилых зданий. – Москва: ОАО "ЦПП", 2008. – 234 с.

10. Застава М.М. Расчет железобетонных элементов при случайной переменной нагрузке с учетом изменчивости физико-механических характеристик бетона и арматуры: Дисс. … доктора техн. наук. – Одесса, 1992. – 313 с.

11. Райзер В.Д. Методы теории надежности в задачах нормирования расчетных параметров строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1986. – 194 с.

12. EN 1992-1:2001 (Final draft, April, 2002) Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1: General rules and rules for buildings. – Final draft. December, 2004. – 230 p.

13. Кудзис А.П. Оценка надежности железобетонных конструкций. – Вильнюс: Москлас, 1985. – 156 с.

14. Карманов В.Г. Математическое программирование. – М.: Наука, 1975. – 272 с.