

оказывать существенного влияния на долговечность эксплуатируемого сооружения, а этом случае, если конструктивный элемент нерезервирован, его долговечность, а следовательно, и срок службы всей конструкции, должны определяться надежностью по  $\alpha$  - распределению, т.е. с учетом краевых значений интенсивности коррозии или износа.

При проектировании сооружений на срок физического износа очевидной является возможность создания конструкции с такими запасами размеров и сечений несущих элементов, долговечность которых может значительно превосходить экономически целесообразные сроки службы. Поэтому задача оптимизации размеров конструкции с учетом физического износа заключается в определении таких размеров несущих элементов сооружений, срок службы которых не превосходил бы экономически целесообразный.

#### **Выводы**

В результате расчета конструкций по предлагаемой методике могут быть определены экономически целесообразный срок службы, размеры и сечения несущих элементов и сметная стоимость сооружения. Перечисленные показатели являются основой для разработки перспективных планов капитального строительства защитных сооружений. Сооружения, эксплуатационная надежность которых становится ниже нормативного или оптимального значения, должны быть реконструированы, усилены или заменены новыми. В КазАТК разработаны конструкции и методы расчета таких сооружений, существует многолетний опыт работ, направленных на реконструкцию и усиление защитных сооружений [5].

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ржаницин А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность М., Стройиздат, 1978, 339 с.
2. Байнатов Ж.Б., Кузютин А.Д. Вероятностные методы расчета надежности строительных и мостовых конструкций. Алматы, КазАТК, 2005, 227 с.
3. Костюков В.Д. Надежность морских причалов и их реконструкции. М., Транспорт, 1987, 223 с.
4. Екимов В.В. Вероятностные методы в строительной механике корабля Л., Судостроение, 1966, 326 с.
5. Байнатов Ж.Б., Тулебаев К.Р., Базанова И.А. Оценка надежности защитного сооружения методом риска // Ташкент, Проблемы информатики и энергетики, 2008, №5, с. 92-95.

**УДК 624.21.012.35**

**Аканова Жазира Жанабаевна – соискатель (Алматы, КУПС)**

#### **АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ СОВМЕСТНОМ ДЕЙСТВИИ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ**

В процессе эксплуатации железобетонные стойки опор мостов, каркасов одноэтажных производственных зданий и других сооружений испытывают совместное воздействие вертикальных и горизонтальных сил. При действии таких нагрузок в стойках имеет место сжатие с изгибом.

В действующих нормативных документах СНиП 2.03.01-84\* “Бетонные и железобетонные конструкции” [1] и СНиП 2.05.03-84\* “Мосты и трубы” [2] отсутствуют рекомендации по расчету таких железобетонных элементов при продольно-поперечном

нагружении. Поэтому разработка методики расчета железобетонных элементов при таком сочетании действия нагрузок является проблемой актуальной.

В статье дан алгоритм и изложена методика расчета прочности нормальных сечений железобетонных элементов, испытывающих совместное воздействие вертикальных сжимающих и горизонтальных сил, что свидетельствует о новизне работы.

На рисунке 1 – приведен алгоритм расчета прочности нормальных сечений железобетонных элементов, армированных стержневой арматурой с физическим пределом текучести и поперечной арматурой в виде хомутов при совместном действии продольных и поперечных сил.

В начале расчета задаются исходные данные – геометрические характеристики элемента, данные по бетону и арматуре и величина продольной сжимающей силы от веса вышележащих конструкций. Расчетная схема элемента принимается в виде свободно опертой стойки.

В зависимости от класса бетона определяется параметр, характеризующий упруго-пластические свойства принятого бетона стойки

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot R_b, \quad (1)$$

где  $R_b$  - призмная прочность бетона.

Далее определяется граничная относительная высота сжатой зоны бетона стойки, характеризующая напряженно-деформированное состояние нормального сечения элемента в предельном состоянии:

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sR}}{\sigma_{sc,u}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)}, \quad (2)$$

где  $\sigma_{sR} = R_s$  - расчетное сопротивление арматуры;  $\sigma_{sc,u} = 500 \text{ МПа}$  - предельное напряжение в арматуре сжатой зоны, когда при длительном действии нагрузки предельная деформация бетона принимается равной величине 0,0025.

На основе анализа значительного числа испытаний железобетонных конструкций установлено, что напряжение в арматуре  $\sigma_s$  зависит от относительной высоты сжатой зоны бетона  $\xi = x/h_0$  и может определяться по эмпирической формуле:

$$\sigma_s = \frac{\sigma_{sc,u}}{1 - \frac{\omega}{1,1}} \cdot \left(\frac{\omega}{\xi} - 1\right) \quad (3)$$

таблица

По заданной в начале расчета высоте сжатой зоны бетона  $x$  и найденным напряжениям в арматуре  $\sigma_s$  определяется продольное усилие, воспринимаемое нормальным сечением стойки по формуле:

$$N_p = R_b \cdot A_b - \sum_1^{n_p} \sigma_s \cdot A_s, \quad (4)$$

где  $A_b$  и  $A_s$  - площади сжатой зоны бетона и арматурного стержня.

Путем сравнения найденной величины  $N_p$  с принятой величиной  $N$  и изменяя высоту сжатой зоны бетона  $x$ , добиваемся сходимости  $N_p = N$ , используя метод итераций. Далее при найденных новых величинах сжатой зоны бетона  $x$  и напряжениях в арматуре  $\sigma_s$ , характеризующих предельное состояние нормального сечения стойки, определяется эксцентриситет силы  $N_p$  относительно центра тяжести сечения с учетом прогиба

$$e\Gamma = \frac{b \cdot x \cdot R_b \cdot (h_{01} - 0,5 \cdot x) - \sigma_{s2} \cdot 0,5 \cdot n_p \cdot A_s \cdot (h_{01} - h_{02})}{N_p} - h_{01} + 0,5 \cdot h, \quad (5)$$

где  $b$  и  $h$  - ширина и высота сечения стойки;  $n_p$  - общее количество арматурных стержней;  $h_{01}$  и  $h_{02}$  - расстояния от осей, проходящих через центр тяжести стержней до принятой моментной оси в сечении стойки.

Далее задается величина относительного начального эксцентриситета  $\delta = EH/h$  продольной силы  $N$ , которая должна быть не менее минимальной величины относительного эксцентриситета

$$\delta_{\min} = 0,5 - 0,02 \cdot \frac{l}{h} - 0,01 \cdot R_b, \quad (6)$$

где  $EH$  - начальный эксцентриситет продольной силы  $N$ ;  $l$  - длина стойки.

В соответствии с алгоритмом определяется величина критической силы  $N_{cr}$  при принятой расчетной схеме стойки по формуле:

$$N_{cr} = \frac{6,4 \cdot E_b}{4 \cdot l^2} \cdot \left[ J \cdot \left( \frac{0,11}{0,1 + \delta} + 0,1 \right) + \alpha \cdot J_s \right], \quad (7)$$

где  $\alpha = E_s/E_b$  - отношение модуля упругости стали  $E_s$  к модулю упругости бетона  $E_b$ ;  $J$  и  $J_s$  - моменты инерции бетонного сечения и арматуры относительно центра тяжести сечения.

На следующем этапе определяется эксцентриситет продольной силы  $N$  относительно центра тяжести сечения с учетом прогиба по аналогии с известной формулой:

$$eP = \frac{EH}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} \quad (8)$$

Производится сравнение  $EG$  с  $EP$ , изменяя  $EH$  до сходимости  $EG = EP$ . На этой стадии расчета также используется метод итераций. На последнем этапе расчета определяется горизонтальная сила  $P$  по формуле:

$$P = \frac{N \cdot EH}{l} \quad (9)$$

Таким образом, при известной величине продольной сжимающей силы  $N$  определяется горизонтальная сила  $P$ , при которой в нормальном сечении стойки наступает предельное состояние.

#### **Выводы**

На основе разработанного алгоритма создана компьютерная программа расчета железобетонных элементов на языке “Фортран”, позволяющая оценивать прочность нормального сечения при совместном действии вертикальных и горизонтальных сил.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. СНиП 2.03.01-84\*, Бетонные и железобетонные конструкции – М., ЦИТП Госстроя СССР, 1989г.
2. СНиП 2.05.03-84\*, Мосты и трубы – М., ГУП ЦПП Госстроя России, 1996г.

### ***ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ***

**УДК 625.242.001**

**Солоненко Владимир Гельевич – д.т.н., профессор (Алматы, КазАТК)  
Касымова Акмаржан Касымбековна – ст. преподаватель (Алматы, КазАТК)  
Кибитова Рита Куримбаевна – преподаватель (Алматы, КазАТК)**

#### **УРАВНЕНИЯ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗОВОГО ВАГОНА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ**

Воздействие случайных непрерывных неровностей пути задаётся в виде множества реализаций, поэтому одним из приемлемых способов решения задачи исследования вероятностных характеристик динамической системы «вагон-железнодорожный путь» является прямой ввод в ЭВМ каждой реализации. В результате решения уравнений системы получают случайные функции, которые подвергают статистической обработке и в результате находят вероятностные характеристики решений уравнений. Недостаток этого способа – большое количество результатов случайных воздействий, полученных путём записи неровностей пути и большой объём вычислений вероятностных характеристик выходных координат. Объём вычислений зависит от требуемой точности расчёта и от степени достоверности результатов, полученных с помощью ЭВМ. Кроме того, при решении случайных функций могут быть резкие выбросы, которые ЭВМ не учтёт и результат может оказаться недостаточно точным. Поэтому, значительно удобнее совокупность реализаций случайного воздействия неровности пути подвергать статистической обработке и проводить решение при заданных вероятностных характеристиках.