

**РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КОЛЬЦЕВОГО СЕЧЕНИЯ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ**

**Кобринец В.М., Заволока Ю.В.** (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

**Наведені формули зносу в зонах поперечного перерізу та функціональні залежності впливу оточуючого середовища.**

Кольцевые сечения применяются в конструкциях колонн, опор линий электропередачи, дымовых трубах ТЭЦ и фабрично-заводских, и вентиляционных труб АЭС.

Такие конструкции испытывают влияние окружающей среды с наружной и внутренней поверхности с разной степенью агрессивности (рис.1).

Наружная поверхность испытывает влияние атмосферных климатических воздействий, внутренняя газовоздушных сред технологических процессов [1].

Условные обозначения.

Зоны куда проник фронт воздействия (inf) influence, зона куда воздействие не проникло (nat) natural. Такими индексами обозначены модули и напряжения.

Рассматривается однородный сжатый элемент. Влияние окружающей среды симметричное и не вызывает изменения вида напряженного состояния. Напряжения в зонах сечения зависят от глубины проникновения фронта  $\Delta R_{inf}$  и  $\Delta r_{inf}$  и степени агрессивности.

Когда реакция материала конструкции эксплуатируемой в условиях агрессивной среды сопровождается коррозионным износом в зонах проникновения среды, тогда материал этих зон исключается из работы, а нагрузка воспринимается напряжениями возникающими в зоне (nat)

$$\sigma_{nat}(t) = \sigma_0 \cdot \Phi_{WR}(t) \tag{1}$$

Здесь  $\sigma_0$  напряжения в сечении до начала воздействия среды

$$\sigma_0 = \frac{P}{\pi R^2 (1 - \mu_r^2)} \tag{2}$$

$\Phi_{WR}(t)$  - функция коррозионного износа (wear)

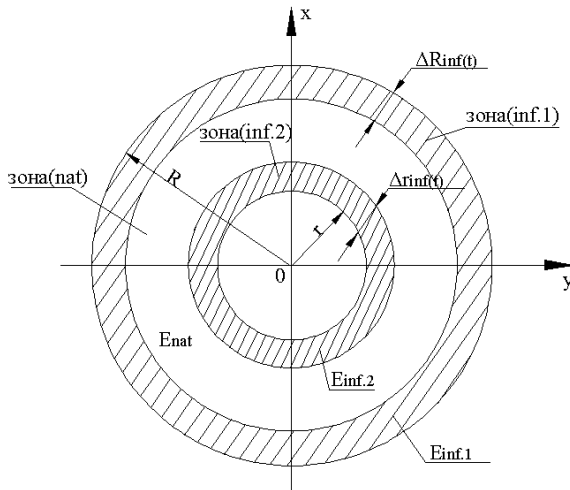


Рис.1 Схема кольцевого сечением с воздействием среды снаружи и изнутри

$$\Phi_{WR}(t) = \frac{(1 - \mu_r^2)}{(1 - \mu_{WR}(t))^2 - \mu_r^2 (1 + \mu_{WR}(t))^2} \tag{3}$$

Обозначения

$$\mu_{WR}(t) = \frac{\Delta R_{WR}(t)}{R}; \quad \mu_{WR}(t) = \frac{\Delta r_{WR}(t)}{r}; \quad \mu_r = \frac{r}{R} \tag{4}$$

При коррозионном износе снаружи  $\mu_{W2} = 0$

$$\Phi_{W2}(t) = \frac{1 - \mu_r^2}{\left(1 - \mu_{W1}(t)\right)^2 - \mu_r^2} \quad (5)$$

При износе только изнутри  $\mu_{W1} = 0$

$$\Phi_{W1} = \frac{1 - \mu_r^2}{1 - \mu_r^2 - \left(1 + \mu_{W2}(t)\right)^2} \quad (6)$$

Например, такой износ испытывают стволы деревьев в результате биокоррозии. Сперва появляется канал маленького диаметра в центре сечения, где сердцевина рыхлая. Затем биокоррозия распространяется вширь и по длине ствола.

Влияние среды многообразно. Оно зависит от вида и степени агрессивности среды и материала конструкции. В стальных конструкциях агрессивная среда вызывает износ. В бетонных и железобетонных конструкциях их работа в агрессивной среде сопровождается нейтрализацией и коррозионным износом.

Если в конструкции кольцевого сечения происходит нейтрализация бетона наружного и внутреннего слоев на глубину  $\Delta R_{inf}$  и  $\Delta r_{inf}$ , напряжения в слое (nat) будут

$$\sigma_{nat}(t) = \sigma_0 \cdot \Phi_{inf}(t) \quad (7)$$

а в слоях (inf) выражается через  $\sigma_{nat}(t)$

$$\sigma_{inf.1} = \sigma_{nat}(t) \cdot \alpha_{inf.1}, \quad \sigma_{inf.2} = \sigma_{nat}(t) \cdot \alpha_{inf.2} \quad (8)$$

Напряжение  $\sigma_0$  определяется по (2), а функция влияния среды имеет вид  
Здесь приняты такие обозначения

$$\Phi_{inf}(t) = \frac{(1 - \mu_r^2)}{\alpha_{inf.1} (1 - \mu_{inf.1}(t))^2 (1 - \alpha_{inf.1}) - \mu_r^2 \left[ (1 + \mu_{inf.2}(t))^2 (1 - \alpha_{inf.1}) + \alpha_{inf.1} \right]} \quad (9)$$

$$\mu_{inf.1}(t) = \frac{\Delta R_{inf}(t)}{R}, \quad \mu_{inf.2}(t) = \frac{\Delta r_{inf}(t)}{r}$$

$$\alpha_{inf.1} = \frac{E_{inf.1}}{E_0}, \quad \alpha_{inf.2} = \frac{E_{inf.2}}{E_0} \quad (10)$$

По мере продвижения агрессивной среды зоны воздействия увеличиваются, прочность и модуль упругости в этих зонах уменьшаются. Материал остался таким же, но свойства в зонах влияния изменились.

Это означает, что появилась неоднородность называемая наведенной [2], а конструкция становится внутренне статически неопределимой. Последствия изменения прочностных и деформативных свойств приводит к изменению напряженно-деформированного состояния.

Если  $\mu_{inf.1} = 0$  и  $\alpha_{inf.1} = 1$  из (9) получим функцию влияния среды снаружи. Если  $\mu_{inf.2} = 0$  и  $\alpha_{inf.2} = 1$  из (9) получим функцию влияния изнутри.

Влияние среды для конструкций кольцевого многообразно. При этом могут возникнуть различные сочетания.

При нейтрализации снаружи и износе изнутри

$$\Phi_{inf.3}(t) = \frac{(1 - \mu_r)^2}{\alpha_{inf.1} + (1 - \mu_{inf.1}(t))^2 (1 - \alpha_{inf.1}) - \mu_r^2 (1 + \mu_{W2}(t))} \quad (11)$$

При износе снаружи и нейтрализации изнутри

$$\Phi_{inf.3} = \frac{(1 - \mu_r)^2}{(1 - \mu_{W1}(t))^2 - \mu_r^2 \left[ (1 + \mu_{inf.2}(t)) \cdot (1 - \alpha_{inf.2}) + \alpha_{inf.2} \right]} \quad (12)$$

При износе напряжения возникают только в зоне (nat) и будет только одно условие  $\sigma_{nat} = R_{nat}$ .  
Глубина проникновения фронта окружающей среды при износе снаружи

$$\mu_{wr,ex} = 1 - \sqrt{\eta_0 + \mu_r^2(1 - \eta_0)}. \quad (13)$$

При износе изнутри

$$\mu_{wr,in} = \sqrt{\frac{1 - \eta_0 \cdot (1 - \mu_r^2)}{\mu_r}} - 1 \quad (14)$$

Решая (13) и (14) относительно  $\eta_0$  получим значение первоначального уровня напряжений через относительную величину износа при воздействии снаружи

$$\eta_0 = \frac{(1 - \mu_{wr,ex})^2 - \mu_r^2}{(1 - \mu_r^2)}, \quad (15)$$

и при воздействии изнутри

$$\eta_0 = \frac{1 - \mu_r^2 \cdot (1 + \mu_{wr,in})^2}{(1 - \mu_r^2)} \quad (16)$$

### **Выводы**

1. Менее опасным для кольцевого сечения является агрессивное влияние среды изнутри.
2. Самым опасным будет влияние среды снаружи и изнутри.
3. Влияние изнутри, как правило, значительно превышает степень агрессивности среды снаружи, поэтому может оказаться более опасным.

### **Summary**

**Formulas of stresses in layers of section and dependences of functions of influence of an environment are given.**

1. Сетков В.Ю., Шибанова И.С., Рысева О.П. Действие углекислого газа на железобетонные балки и плиты промышленных зданий и сооружений. Ж. Строительство и архитектура, №2, 1986. с. 4-6.
2. Иноземцев В.К. Модель наведенной неоднородности материала в задачах долговечности тонкостенных конструкций. // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1990. –с.30-33.