

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Э. М. АГАЛЯН, Р. С. АВЕТИСЯН,

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ  
 СТЕКЛОПЛАСТБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Как известно, у СПА модуль упругости примерно в четыре раза ниже, чем у стальной арматуры. Следовательно, растянутая зона у элементов, армированных СПА, деформируется значительно больше, в результате чего при прочих равных условиях по сравнению с железобетоном здесь трещины развиваются сильнее, сжатая зона сокращается и разрушается. Поэтому разрушение большинства изгибаемых элементов, армированных СПА, происходит по бетону сжатой зоны и величина  $\xi_p$  — граничная высота сжатой зоны у СПА сильно зависит от величины преднапряжения, а также, как и у железобетона, от вида и количества арматуры, прочности и деформативности бетона, напряженно-деформированного состояния сечения.

Прочность нормальных сечений изгибаемых стеклопластбетонных элементов зависит от высоты сжатой зоны бетона, процента армирования и вида арматуры, марки бетона и размеров сечения.

В предельном состоянии между деформацией арматуры  $\Delta \varepsilon_s$  от внешних воздействий и относительной высотой сжатой зоны  $\xi$  имеется обратная зависимость, близкая к гиперболическому закону [1], которая может быть описана формулой:

$$\Delta \varepsilon_s = \frac{\varepsilon_y}{1 - \xi} \left( \frac{\xi_0}{\xi} - 1 \right), \quad (1)$$

$$\frac{h}{h_0}$$

где  $\varepsilon_y$  — предельная деформация укорочения бетона;  $\xi_0$  — относительная высота сжатой зоны бетона, при которой приращение деформаций арматуры от внешних воздействий равно нулю. На основе следующих допущений, что деформативные свойства бетона связаны с прочностью бетона и что с увеличением прочности бетона доля неупругих деформаций бетона [1] получена следующая зависимость:

$$\xi_0 = a - 0,0008/R_{пр}, \quad (2)$$

В формуле (2) расчетная прочность подставляется с коэффициентом

$$K = \frac{1 - 1,64\gamma}{K_{\text{до}}} = 0,6,$$

связывающим среднюю прочность бетона с расчетной при принятых в действующих нормах коэффициенте вариации  $\gamma = 0,135$  и коэффициенте безопасности  $K_{\text{до}} = 1,3$ .

После чего получим:

$$\xi_0 = a - 0,0048R_{\text{пр}}. \quad (3)$$

Для бетона на пористых заполнителях коэффициент  $a$  как и в нормах принят равным 0,8.

По этой же формуле (3) может быть определен коэффициент  $\xi_0$  и для элементов, армированных стеклопластиковой арматурой.

Величина напряжения в упруго работающей арматуре [1] в зависимости от высоты сжатой зоны может быть определена из следующей формулы:

$$\sigma_a = \frac{\sigma'_a}{1 - \xi} \left( \frac{\xi_0}{\xi} - 1 \right) + \sigma_p \quad (4)$$

$$\frac{h}{h_0}$$

где

$$\sigma'_a = \epsilon_v \cdot E_a; \quad (5)$$

$$\sigma_p = \epsilon_n \cdot E_a. \quad (6)$$

В СНиП II-21-75 для определения граничной высоты сжатой зоны железобетонных элементов предложена формула:

$$\xi_R = \frac{\xi_0}{1 + \frac{\sigma_0}{4000} \left( 1 - \frac{\xi_0}{1,1} \right)}. \quad (7)$$

По аналогии с формулой (7) для железобетона и для стеклопластиковых элементов  $\xi_R$  может быть определен по следующей формуле:

$$\xi_R = \frac{\xi_0}{1 + \frac{R_a - \sigma_0}{\sigma'_a} \left( 1 - \frac{\xi_0}{\frac{h}{h_0}} \right)}. \quad (8)$$

или

$$\xi_R = \frac{\xi_0}{\frac{\sigma_a}{1000} \left( \frac{1 - \xi_0}{1,1} \right)}. \quad (9)$$

Формула (9) предлагается для всех бетонов и ее структура позаимствована из СНиП II-21-75. Здесь вид бетона учитывается в члене  $\xi_R$ , а  $\sigma_0$  определяется по формуле (5).

При кратковременном нагружении балок в формуле (5) принята опытная величина относительной предельной сжимаемости бетона  $\epsilon_y$ .

Авторами статьи были испытаны до разрушения балки из бетона на литондной пемзе, армированные стеклопластиковой арматурой (СПА) и отличающиеся друг от друга только интенсивностью предварительного напряжения арматуры. Балки испытывались на изгиб как однопролетные свободно опертые, нагруженные в третях пролета двумя сосредоточенными силами. Во всех балках зону чистого изгиба принимали одинаковой — равной 50 см.

Для испытанных балок, армированных СПА, получены следующие значения: при  $\sigma_0 = 0,0 \sigma_n$ ;  $\xi_R = 0,15$ ; при  $\sigma_0 = 0,3 \sigma_n$ ;  $\xi_R = 0,22$ ; при  $\sigma_0 = 0,6 \sigma_n$ ;  $\xi_R = 0,35$ .

В табл. приведены прочностные характеристики балок, испытанных под кратковременно действующей нагрузкой. Нетрудно заметить, что несущая способность стеклоластбетонных балок повышается с увеличением интенсивности предварительного напряжения СПА.

В табл. расчетные величины разрушающих изгибающих моментов определены по формуле:

$$M = R_{np} \cdot b \cdot x (\lambda_0 - 0,5x), \quad (10)$$

где теоретическая величина  $\xi_R$  определяется по формуле (9) (столбцы 6 и 7 табл.), а экспериментальное значение  $x^{оп}$  взято на испытанных балках перед их разрушением (столбец 11).

Таблица

Результаты испытаний стеклоластбетонных балок при кратковременной нагрузке

Серия балок	Шифр балок	$R_R^*$	$R_{np}^{**}$	$\sigma_0/\sigma_n$	$\xi_R$	$\lambda_R$	$M_R^*$	$M_{np}^{**}$	$M_R^*/M_{np}^{**}$	$x^{оп}$
I	БПНО-1	324	250	0	0,15	2,55	801	775	1,01	3
	БПНО-2			0				760	1,05	2,6
	БПНО-3-1			0,3				1055	0,98	3,2
II	БПНО, 3-2	315	249	0,3	0,22	3,40	1036	1100	0,94	3,6
	БПНО, 3-3			0,3				1020	1,01	3,8
	БПНО, 3-4			0,3				1090	0,95	3,3
III	БПНО, 6-1	320	246	0,6	0,31	5,27	1490	1460	1,02	5
	БПНО, 6-2			0,6				1510	0,98	5,2
	БПНО, 6-3			0,6				1435	1,03	5,8
	БПНО, 6-4			0,6				1425	1,04	5

Примечание: \*, \*\* — средняя величина кубиковой и призмочной прочности бетона, определенная по результатам испытаний шести кубов и шести призм.

Максимальное расхождение между расчетными и опытными величинами разрушающих моментов не превышает  $\pm 10\%$ .

С точки зрения полного использования сопротивления стеклопластиковой арматуры, оптимальным является сечение, для которого соблюдается условие  $x = \frac{1}{2} \rho A_s$ , при возможно большем значении  $\sigma_s$  — величины напряжений в преднапряженной СПА растянутой зоны.

Расчет по прочности по нормальным сечениям стеклопластобетонных конструкций можно вести по методике СНиП П-21-75 с учетом формул (3, 4, 9).

ЕрПИ им. К. Маркса

Поступило 15. V. 1981

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций. Под редакцией д-ра технических наук, проф. А. А. Гвоздева, М., 1978.