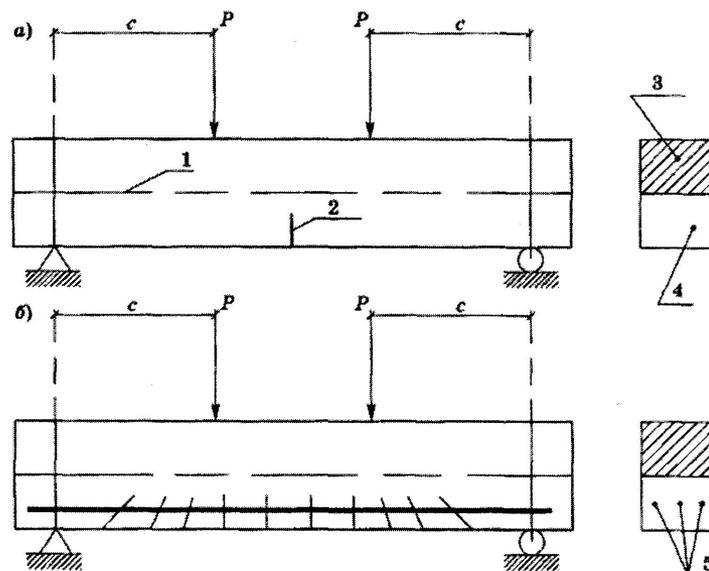




НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ, ДИЗАЙНА И ИСКУССТВ

# ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

*Тема 10. Расчет железобетонных конструкций по  
второй группе предельных состояний*



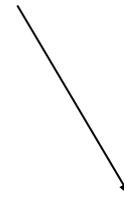
Расчеты по предельным состояниям второй группы включают в себя:

- расчет по образованию трещин;
- расчет по раскрытию трещин;
- расчет по деформациям.

## **Железобетонные конструкции**



Не допускается  
образование трещин



Допускается  
образование трещин



1 – нормальная трещина;

2 – наклонные трещины.

## Расчет по образованию нормальных трещин.

Расчет производится из условий:

- для изгибаемых элементов:  $M > M_{\text{крс}}$ ;
- для растянутых элементов:  $N > N_{\text{крс}}$ .

$M, N$  – изгибающий момент растягивающее усилие от внешней нагрузки;  
 $M_{\text{крс}}, N_{\text{крс}}$  – изгибающий момент и растягивающее усилие, воспринимаемые нормальным сечением элемента при образовании трещин.

**Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:**

$$M_{crc} = R_{bt,ser} \cdot W_{pl} \pm N \cdot e_x = 1,3 \cdot R_{bt,ser} \cdot W_{red} \pm N \cdot e_x$$

$R_{bt,ser}$  – нормативное сопротивление бетона растяжению;

$W_{red}$  – упругий момент сопротивления приведенного сечения по растянутой зоне;

$N$  – продольная сила;

$e_x$  – расстояние от точки приложения продольной силы до ядровой точки.

**Растягивающее усилие, воспринимаемое нормальным сечением элемента при образовании трещин:**

$$N_{crc} = R_{bt,ser} \cdot A_{red}$$

$A_{red}$  – площадь приведенного поперечного сечения элемента.

## Расчет по образованию наклонных трещин.

Расчет производится из условия:

$$\sigma_{mt} \leq \gamma_{b4} \cdot R_{bt,ser}$$

$\sigma_{mt}$  – главные растягивающие напряжения;

$\gamma_{b4}$  – коэффициент условий работы бетона;

$R_{bt,ser}$  – расчетное сопротивление бетона растяжению (при расчете по 2-ой группе ПС).

$$\sigma_{mt} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\gamma_{b4} = \frac{1 - \frac{\sigma_{mc}}{R_{bt,ser}}}{0,2 + \alpha_b \cdot B} \leq 1$$

## Расчет по раскрытию трещин.

Расчет производится из условия:

$$a_{\text{crc}} \leq a_{\text{crc,ult}}$$

$a_{\text{crc}}$  – ширина раскрытия трещин от действия внешней нагрузки;  
 $a_{\text{crc,ult}}$  – предельно допустимая ширина раскрытия трещин.

Ширина продолжительного раскрытия трещин:

$$a_{\text{crc}} = a_{\text{crc1}}$$

Ширина непродолжительного раскрытия трещин:

$$a_{\text{crc}} = a_{\text{crc1}} + a_{\text{crc2}} - a_{\text{crc3}}.$$

$a_{\text{crc1}}$  – ширина раскрытия трещин от продолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок;

$a_{\text{crc2}}$  – ширина раскрытия трещин от непродолжительного действия постоянных и временных (длительных и кратковременных) нагрузок;

$a_{\text{crc3}}$  – ширина раскрытия трещин от непродолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок.

## Ширина раскрытия нормальных трещин:

$$a_{crc,i} = \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 \cdot \psi_z \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot l_s$$

$\varphi_1$  – коэффициент, учитывающий продолжительность действия нагрузки;

$\varphi_2$  – коэффициент, учитывающий профиль продольной арматуры;

$\varphi_3$  – коэффициент, учитывающий характер нагружения;

$\psi_z$  – коэффициент, учитывающий неравномерное распределение относительных деформаций растянутой арматуры между трещинами;

$\sigma_s$  – напряжения в продольной растянутой арматуре;

$E_s$  – модуль упругости продольной арматуры;

$l_s$  – базовое расстояние между смежными нормальными трещинами.

## Ширина раскрытия наклонных трещин:

$$a_{crc} = \varphi_l \cdot \frac{0,6 \cdot \sigma_{sw} \cdot d_w \cdot \eta}{E_s \cdot \left( \frac{d_w}{h_0} \right) + 0,15 \cdot E_b \cdot (1 + 2 \cdot \alpha \cdot \mu_w)}$$

$\varphi_l$  – коэффициент, зависящий от вида нагрузок и класса бетона;

$\sigma_{sw}$  – напряжения в поперечной арматуре;

$d_w$  – диаметр поперечной арматуры;

$E_s$  – модуль упругости продольной арматуры;

$E_b$  – модуль деформации бетона;

$h_0$  – рабочая высота сечения;

$\eta, \alpha, \mu$  – коэффициенты.

## Предельно допустимые значения ширины раскрытия трещин

Действие нагрузок	Классы арматуры		
	A240- A600, B500	A800, A1000, Bp1200 – Bp1400, K1400, K1500, K1600 (Ø12)	Bp1500, K1600 (Ø6, 9)
Продолжительное	0,3 мм	0,2 мм	0,1 – 0,2 мм
Непродолжительное	0,4 мм	0,3 мм	0,2 – 0,3 мм

## Расчет по деформациям.

Расчет производится из условия:

$$f \leq f_{\text{ult}}$$

$f$  – прогиб железобетонного элемента от действия внешней нагрузки;  
 $f_{\text{ult}}$  – значение предельно допустимого прогиба элемента.

Прогиб железобетонного элемента:  $f = \left( \frac{l}{r} \right) \cdot S \cdot \lambda^2$

$\frac{l}{r}$  – кривизна железобетонного элемента;

$S$  – характеристика нагрузок. Значение зависит от расчетной схемы элемента;

$\lambda$  – пролет элемента.

**Кривизна элемента без трещин:**  $\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2$

$\left(\frac{1}{r}\right)_1$  – кривизна от непродолжительного действия кратковременных нагрузок;

$\left(\frac{1}{r}\right)_2$  – кривизна от продолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок.

**Кривизна элемента с трещинами:**  $\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 - \left(\frac{1}{r}\right)_2 + \left(\frac{1}{r}\right)_3$

$\left(\frac{1}{r}\right)_1$  – кривизна от непродолжительного действия всех нагрузок;

$\left(\frac{1}{r}\right)_2$  – кривизна от непродолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок;

$\left(\frac{1}{r}\right)_3$  – кривизна от продолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок.

## Предельно допустимые прогибы

Железобетонные элементы	Значения предельных прогибов
Перекрытия с плоским потолком и элементы покрытия при пролетах:	
$l < 6 \text{ м}$	$l / 200$
$6 \text{ м} < l < 7,5 \text{ м}$	3 см
$l > 7,5 \text{ м}$	$l / 250$
Перекрытия с ребристым потолком и элементы лестниц при пролетах:	
$l < 5 \text{ м}$	$l / 200$
$5 \text{ м} < l < 10 \text{ м}$	2,5 см
$l > 10 \text{ м}$	$l / 400$
Покрытия зданий сельскохозяйственного назначения при пролетах:	
$l < 6 \text{ м}$	$l / 150$
$6 \text{ м} < l < 10 \text{ м}$	4 см
$l > 10 \text{ м}$	$l / 250$