



## БАЛКА МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ БП2 ДЛИНОЙ 7 МЕТРОВ

Дана металлическая балка БС1Б двутаврового сечения, нагрузка действующая на балку  $q=36,3 \text{ кН/м}^2$ , длина балки  $l=7 \text{ м}$ .

Характеристики балки:

$A=68300 \text{ мм}^2$  – площадь сечения;

$h=1640 \text{ мм}$  – высота сечения;

$b=480 \text{ мм}$  – ширина полки;

$s=25 \text{ мм}$  – толщина стенки;

$t=30 \text{ мм}$  – толщина полки;

$W_x=327 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ ;

$R_{yn}=305 \text{ МПа}$  – нормативное сопротивление по пределу текучести.

Характеристики «ОМ»:

плотность  $150 \text{ кг/м}^3$ ;

влажность  $0,5 \%$ ;

коэффициент теплопроводности  $0,038 \text{ Вт/(м·К)}$ ;

коэффициент тепловой диффузии  $18,4 \text{ мм}^2/\text{мин}$  – зависит от физико-механических показателей «ОМ».

### **Определение огнестойкости балки БП2 длиной 7 метров**

Определение изгибающего момента от действия нагрузки

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{36,3 \cdot 7^2}{8} = 222,3 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Определение степени нагружения конструкции

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_{nx} R_{yn}} = \frac{222,3 \cdot 10^3}{327 \cdot 10^{-4} \cdot 305 \cdot 10^6} = 0,022$$

Определение критической температуры

$$t_{cr} = 750 - 440\gamma_{tem} = 750 - 440 \cdot 0,022 = 740,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$



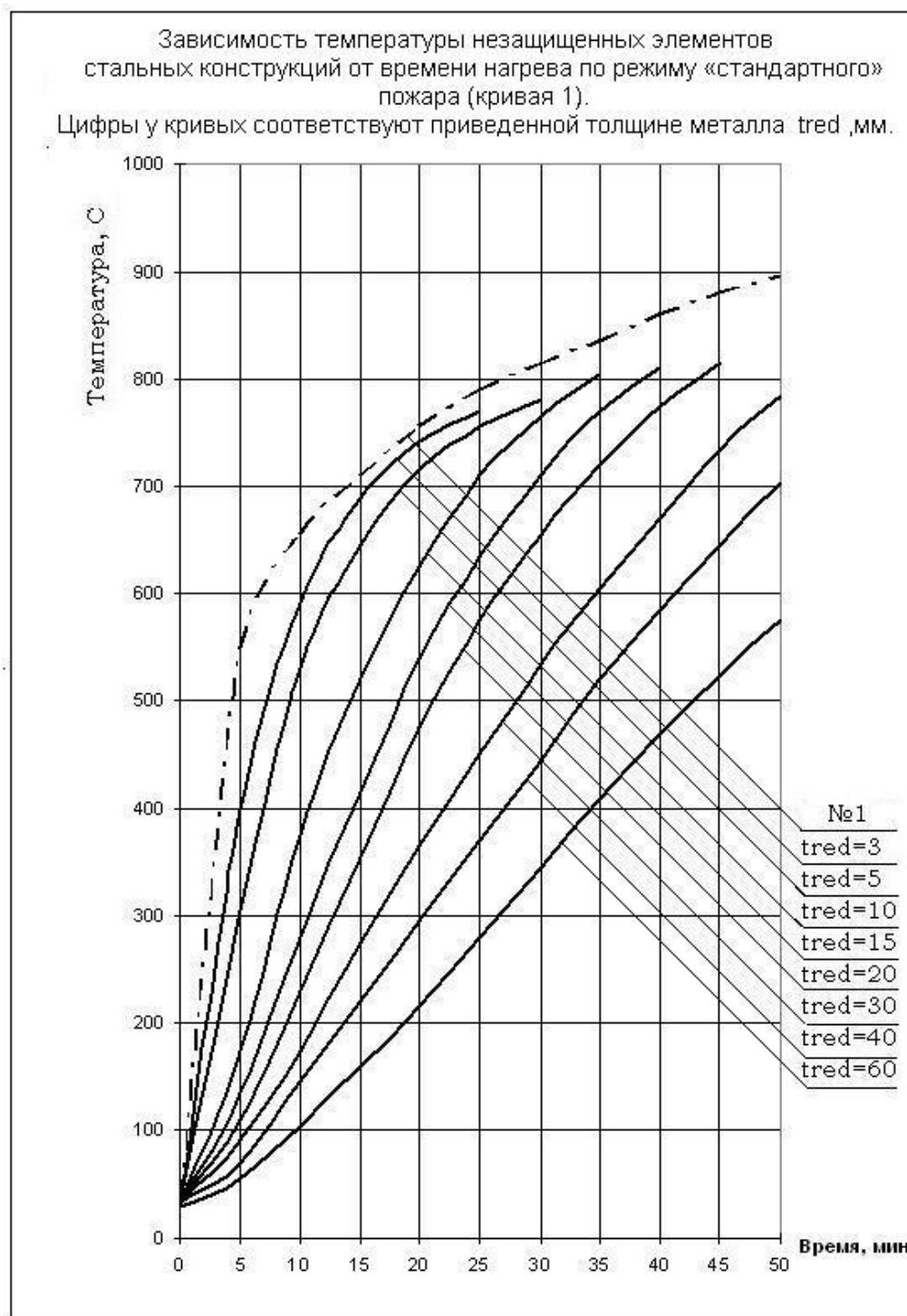
## Определение приведенной толщины металла

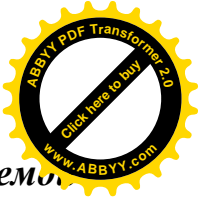
$$t_{red} = \frac{A}{u} = \frac{68300}{4670} = 14,6 \text{ мм}$$

$$u = 2h + 3b - 2s = 2 \cdot 1640 + 3 \cdot 480 - 2 \cdot 25 = 4670 \text{ мм}$$

## Определение фактического предела огнестойкости балки по графику

$$P_{\phi} = 34 \text{ мин}$$





**Определение толщины «ОМ» балки БП2 длиной 7 метров при требуемой огнестойкости 150 мин**

Определение предела огнестойкости изоляционного покрытия

$$P_{\text{пок}}^{\circ} = P_{\text{тр}} - P_{\text{ф}} = 150 - 34 = 116 \text{ мин}$$

Определение толщины огнезащитного покрытия

$$\delta_{\circ} = 0,7 \cdot \left( \frac{D_{ar}^{0,8}}{m_{\circ}} \right) \cdot \ln \left( \frac{P_{\text{пок}}^{\circ}}{48 \cdot (1 - \gamma_{\text{тем}})^3} \right) = 0,7 \cdot \left( \frac{15,3^{0,8}}{0,3} \right) \cdot \ln \left( \frac{116}{48 \cdot (1 - 0,022)^3} \right) = 20,2 \text{ мм}$$

где:  $D_{ar}$  – коэффициент тепловой диффузии,  $\text{мм}^2/\text{мин}$ ;

$m_{\circ}$  – коэффициент условий нагрева несущего стержня металлической балки.



## ПЛИТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННАЯ НВК 73,5-12Э-16

Многопустотная железобетонная плита перекрытия НВК 73,5-12Э-16. Размеры сечения:  $b = 1198 \text{ мм}$ , длина рабочего пролета  $l = 7330 \text{ мм}$ , высота сечения  $h = 220 \text{ мм}$ , толщина защитного слоя  $a_l = 30 \text{ мм}$ , арматура класса К 7 12 стержней диаметром  $15 \text{ мм}$ ; тяжелый бетон класса В45 на гранитном щебне, весовая влажность бетона – 2%, средняя плотность бетона в сухом состоянии  $\rho_{oc} = 2300 \text{ кг/м}^3$ , диаметр пустот  $d_n = 155 \text{ мм}$ ; нагрузка  $q = 16 \text{ кН/м}^2$  ( $q_n = 15,97 \text{ кН/м}$ ).

Максимальный изгибающий момент

$$M_n = \frac{ql_0^2}{8}$$

$$M_n = \frac{15,97 \cdot 7,33^2}{8} = 107,3 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$a = a_l + \frac{d}{2} = 30 + \frac{15}{2} = 37,5 \text{ мм}$$

$$h_f' = \frac{h - d_n}{2} = \frac{220 - 155}{2} = 32,5 \text{ мм}$$

$$h_0 = h - a = 220 - 37,5 = 182,5 \text{ мм}$$

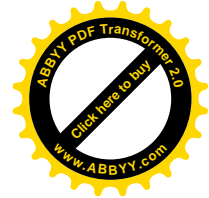
Для бетона класса В40  $R_{bn} = 32,0 \text{ МПа}$

$$R_{bu} = \frac{R_{bn}}{\gamma_b} = \frac{32,0}{0,83} = 38,6 \text{ МПа}$$

$$K = 37,2c^{\frac{1}{2}}$$

$$R_{sn} = 1396,7 \text{ МПа}$$

$$R_{su} = \frac{R_{sn}}{\gamma_s} = \frac{1396,7}{0,9} = 1551,6 \text{ МПа}$$



$$A_s = 2124 \text{ мм}^2$$

Находим  $x_{tem}$ , предполагая, что  $x_{tem} < h_f'$

При  $b = b_f'$

$$x_{tem} = h_0 - \sqrt{h_0^2 - 2 \frac{M_n}{R_{bu} b_f'}} = 182,5 - \sqrt{182,5^2 - 2 \frac{107,3 \cdot 10^6}{38,6 \cdot 1198}} = 13,2 \text{ мм}$$

$$x_{tem} = 13,2 \text{ мм} < h_f' = 32,5 \text{ мм}$$

Напряжение в сечении растянутой арматуры

$$\sigma_{s,tem} = \frac{b_f' x_{tem} R_{bu}}{A_s} = \frac{1198 \cdot 13,2 \cdot 38,6}{2124} = 287,4 \text{ МПа}$$

Коэффициент  $\gamma_{s,tem}$ , учитывающий снижение нормативного сопротивления арматурных стержней в зависимости от их температуры

$$\gamma_{s,tem} = \frac{\sigma_{s,tem}}{R_{su}} = \frac{287,4}{1551,6} = 0,185$$

При  $\gamma_{s,tem} = 0,185$  для арматуры класса  $K 7$   $t_{s,cr} = 642,4^\circ \text{C}$

$$\text{erfx} = \frac{1250 - 642,4}{1250 - 20} = 0,494$$

$$x = 0,47$$

Теплофизические характеристики бетона

$$\lambda_{tem,m} = 1,14 - 0,00055 t_m = 1,14 - 0,00055 \cdot 450 = 0,89 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ \text{C)}$$

$$C_{tem,m} = 710 + 0,84 t_m = 710 + 0,84 \cdot 450 = 1088 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ \text{C)}$$



$$a_{red} = \frac{\lambda_{tem,m}}{(C_{tem,m} + 50,4\omega_e)\rho_{oc}} = \frac{0,89}{(1088 + 50,4 \cdot 2)2300} = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$$

Предел огнестойкости ( $K = 37,2c^{\frac{1}{2}}$ )

$$\tau = \left( \frac{K + \frac{y + K_1 d}{\sqrt{a_{red}}}}{2x} \right)^2 = \frac{(K + \frac{y + K_1 d}{\sqrt{a_{red}}})^2}{4x^2} = \frac{(37,2 + \frac{0,03 + 0,5 \cdot 0,015}{\sqrt{3,3 \cdot 10^{-7}}})^2}{4 \cdot 0,468^2} = 116,99 \text{ мин}$$

С учетом пустотности плиты фактический предел огнестойкости

$$P_{\phi} = 116,99 \cdot 0,9 = 105,3 \text{ мин}$$

Степень огнезащиты «ОМ»

$$C = \frac{12 \cdot m_0 \cdot a_{\min}}{D_{bm}^{0,8}} = \frac{12 \cdot 1 \cdot 30}{18,4^{0,8}} = 35 \text{ мм}$$

Предел огнезащиты изоляционного покрытия «ОМ»

$$P_u^o = 48 \cdot (1 - J_{\text{ос}})^3 \cdot e^{0,1C} = 48 \cdot (1 - 0,5)^3 \cdot e^{0,1 \cdot 35} = 198,6 \text{ мин}$$

Предел огнестойкости плиты с огнезащитой

$$P_{\phi}^o = P_{\phi} + P_u^o = 105,3 + 198,6 = 303,9 \text{ мин}$$

Предел огнестойкости фактический многпустотной плиты перекрытия НВК

$$73,5-12Э-16 \text{ с огнезащитой «ОМ» } P_{\phi}^o = 303,9 \text{ мин.}$$



## Литература

1. Бетонные и железобетонные конструкции [Текст] : СНиП 2.03.01-84\* : утв. Госстроем СССР от 20.08.84: ввод в действие с 1986.01.01. – М. : ГУПП ЦПП, 2001. – 76 с.
2. Стальные конструкции [Текст] : СНиП II-23-81\* : утв. Госстроем СССР от 14.08.81. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 23 с.
3. ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Метод испытания на огнестойкость. Общие требования [Текст]. – Введ. 1996-01-01. М. : Изд-во стандартов, 1993. – 8 с.
4. Демехин, В. Н. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст] : учеб. для слушателей и курсантов пожарно-технических образовательных учреждений МЧС России / В. Н. Демехин, И. Л. Мосалков, Г. Ф. Плюснина, А. Ю. Серков, А. Ю. Фролов, Е. Т. Шурин. – М. : АГПС МЧС России, 2003. – 656 с.
5. Пособие по определению пределов огнестойкости строительных конструкций пределу распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов (к СНиП II-2-80).
6. Правила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций [Текст] : СТО 36554501-006-2006 : ФГУП «НИЦ «СТРОИТЕЛЬСТВО» Москва 2006.
7. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Текст] : федер. закон: [принят Гос.Думой 4 июля 2008 г. : одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г.] – [1-е изд.]. – М. : Проспект, 2009. – 114 с.
8. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты [Текст] : СП 2.13130.2012 : утв. приказом МЧС России 21.11.12 : ввод. в действие с 01.12.12. – М. : ООО «Издательство «Пожнаука», 2012. – 45 с.