

## Оглавление

№	Содержание	Стр.
п.п.		
1	Расчет $P_{\phi}$ двутавровых балок в осях А-Б, В-Г	3
2	Расчет $P_{\phi}$ двутавровых балок в осях Б-В	6
3	Расчет $P_{\phi}$ крайнего прогона в осях А, 1-7	10
4	Расчет $P_{\phi}$ прогонов в осях А-Б 1-7., В-Г 1-7	12
5	Расчет $P_{\phi}$ прогонов в осях Б-В 1-6	15
6	Расчет $P_{\phi}$ двутавровых колонн	18
7	Расчет $P_{\phi}$ балок в осях 1-5, Б-Е	23
8	Расчет $P_{\phi}$ балок в осях Ж 1-5, А 1-5	26
9	Расчет $P_{\phi}$ прогонов крепления покрытия	29
10	Расчет $P_{\phi}$ прямоугольных колонн	31
11	Заключение	35
12	Литература	36

## Склад № 2

### Конструктивные решения

Каркас здания представляет собой колонны из двутавров № 36 по ГОСТ 8239-89, расположенные вдоль буквенных осей и по торцам здания (оси 1, 6 и 7). На колонны опираются балки, двутавр № 36. По балкам укладываются кровельные прогоны швеллер № 22 П по ГОСТ 8240-97, на которые укладывается профнастил.

### Расчет фактического предела огнестойкости металлических конструкций в осях А-Б, В-Г.

Металлическая шарнирноопертая балка, пролетом  $l=12$  м. Сечение двутавр №36 по ГОСТ 8239 (горячекатанный с уклоном граней полок). Двутавр изготовлен из стали С 245 ( $R_{yn}=245$  МПа, табл. 51\* СНиП II-23-81). Нагрузка на балку – центрально симметричная равномерно распределенная -  $q_n=4,9$  кН/м.

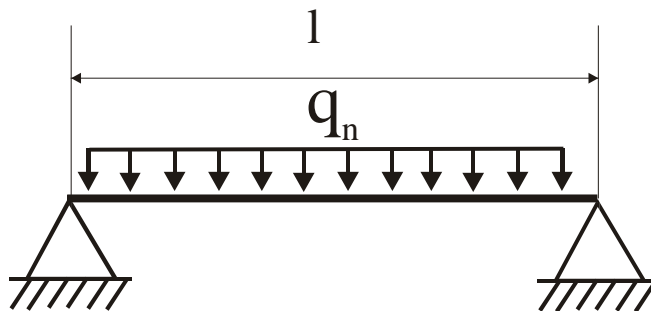


Рис.

Геометрические характеристики сечения двутавра № 36 по ГОСТ 8239.

$h$ , мм	$b$ , мм	$t_p$ , мм	$t_f$ , мм	$A$ , см	$W_x$ , см	$i_x$ , см	$W_y$ , см	$i_y$ , см
360	145	7,5	12,3	61,9	743	14,7	71,1	2,89

2  
3  
3

Для определения фактического предела огнестойкости нагружаемой балки необходимо определить температурный коэффициент снижения сопротивления стали.

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W * C * R_{yn}}$$

$\gamma_{tem}$  – температурный коэффициент снижения сопротивления стали

$M_n$  – максимальный изгибающий момент от нормативной нагрузки, *Н м*

$R_{yn}$  – нормативное сопротивление стали, *Па*

$W$  – момент сопротивления сечения, *м<sup>3</sup>*

$C$  – коэффициент развития пластических деформаций

Для равномерно нагруженной шарнирноопертой балки

$$M_n = \frac{g_n * l^2}{8} = \frac{4,9 * 12^2}{8} = 88,2 * 10^3 \text{ Н м}$$

$R_{yn}$  – определяется маркой стали

$C$  – принимается в зависимости от вида сечения

Предел текучести определяется маркой стали, из которой сделана конструкция и составляет 245 Мпа.

Значение коэффициента  $C$  следует принимать в зависимости от вида сечения. В данном случае  $C=1,17$ .

Момент сопротивления сечения для несимметричного сечения ( $W_x$  или  $W_y$ ) берется в зависимости от схемы приложения нагрузки

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_x * C * R_{yn}} \text{ ИЛИ } \gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_y * C * R_{yn}}$$

В нашем случае:

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_x * C * R_{yn}} = \frac{88,2 * 10^3}{7,43 * 10^{-4} * 1,17 * 246 * 10^6} = 0,43$$

Критическая температура определяется по следующей формуле:

$$\text{При } \gamma_{tem} < 0,6 \quad t_{кр} = 750 - 440 * \gamma_{tem} = 750 - 440 * 0,43 = 560 \text{ оС}$$

После определения  $t_{кр}$  возможно определение фактического предела огнестойкости рассматриваемой нагруженной балки

Определим  $t_{red}$

$$t_{red} = \frac{A}{U-a}$$

$$U - a = 2 \cdot (h - 2t_f) + 3 \cdot b - 2 \cdot t_p + 4 \cdot t_f = 2 \cdot h + b - 2 \cdot t_p$$

$$U - a = 2 \cdot 3600 + 3 \cdot 145 - 2 \cdot 7,5 = 1140 \text{ мм}$$

$$t_{red} = \frac{6190}{1140} = 5,4 \text{ мм}$$

Зная  $t_{red}$  и  $t_{кр}$  можно определить предел огнестойкости металлической конструкции  $P_f$  по таблице

$t_{red}$ , мм	Температура прогрева незащищенных стальных пластин (мин)								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
0	569	675	736	780	813	841	864	884	902
1	488	653	721	769	803	837	861	882	900
2	415	621	706	759	795	833	857	880	897
3	351	592	689	748	786	853	853	878	894
4	296	561	670	736	777	849	849	875	891
6	212	495	626	709	758	839	839	868	884
8	163	421	576	680	738	827	827	860	876
10	150	342	519	647	718	814	814	850	868
15	116	276	431	552	656	772	773	817	843
20	98	217	352	473	571	660	724	774	813

Выбираем в таблице значения  $t_{red1} < t_{red}$  и определяют время при этом значении:

$$\tau_1 = \tau_{12} \frac{\tau_{12} - \tau_{11}}{t_{12} - t_{11}} (t_{12} - t_{кр})$$

Где  $t_{12}$  и  $t_{11}$  ближайšie к  $t_{кр}$  табличные значения

Выбираем в таблице значения  $t_{red1} > t_{red}$  и определяют время при этом значении

$$\tau_2 = \tau_{22} \frac{\tau_{22} - \tau_{21}}{t_{22} - t_{21}} (t_{22} - t_{кр})$$

В нашем случае  $t_{red} = 5,4$  мм, а  $t_{кр} = 560$  С

$t_{red} = 5,4$  мм и лежит в границах между 4 мм и 6 мм

$t_{red1}$  принимаем 4 мм,  $t_{red2}$  принимаем 6 мм.

$t_{12}$  принимаем 296,  $t_{11}$  принимаем 561

$\tau_{12}$  принимаем 10 мин,  $\tau_{11}$  принимаем 5 минут

$$\tau_1 = \tau_{12} - \frac{\tau_{12} - \tau_{11}}{t_{12} - t_{11}} (t_{12} - t_{кр}) = 10 - \frac{10 - 5}{561 - 296} (561 - 560) = 9,98 \text{ мин}$$

$t_{red1}$  принимаем 4 мм,  $t_{red2}$  принимаем 6 мм.

$t_{22}$  принимаем 495,  $t_{21}$  принимаем 626

$\tau_{22}$  принимаем 15 мин,  $\tau_{21}$  принимаем 10 минут

$$\tau_2 = \tau_{22} - \frac{\tau_{22} - \tau_{21}}{t_{22} - t_{21}} (t_{22} - t_{кр}) = 15 - \frac{15 - 10}{626 - 495} (626 - 560) = 12,4 \text{ мин}$$

Определяем фактический предел огнестойкости

$$P_{\phi} = \tau_2 \frac{\tau_2 - \tau_1}{t_{red2} - t_{red1}} (t_{red2} - t_{red}) = 12,4 - \frac{12,4 - 9,98}{6 - 4} * (6 - 5,4) = 11,92 \text{ мин}$$

### **Расчет фактического предела огнестойкости металлических конструкций в осях Б-В.**

Металлическая шарнирноопертая балка, пролетом  $l = 4$  м. Сечение двутавр №36 по ГОСТ 8239 (горячекатанный с уклоном граней полок). Двутавр изготовлен из стали С 245 ( $R_{yn} = 245$  МПа, табл. 51\* СНиП II-23-81). Нагрузка на балку – центрально симметричная равномерно распределенная -  $q_n = 9,8$  кН/м.

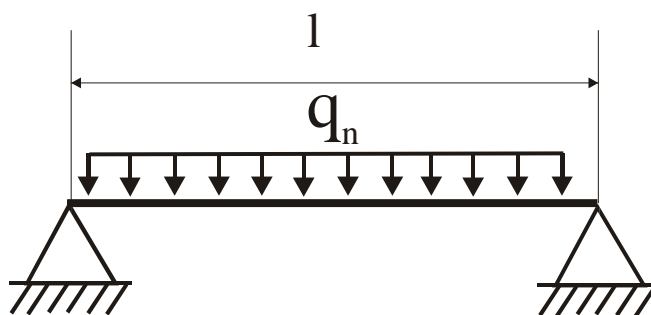


Рис.

Геометрические характеристики сечения двутавра № 36 по ГОСТ 8239.

$h$ , мм	$b$ , мм	$t_p$ , мм	$t_f$ , мм	$A$ , см	$W_x$ , см	$i_x$ , см	$W_y$ , см	$i_y$ , см
360	145	7,5	12,3	61,9	743	14,7	71,1	2,89

2  
3  
3

Для определения фактического предела огнестойкости нагружаемой балки необходимо определить температурный коэффициент снижения сопротивления стали.

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W * C * R_{yn}}$$

$\gamma_{tem}$  – температурный коэффициент снижения сопротивления стали

$M_n$  – максимальный изгибающий момент от нормативной нагрузки,  $H м$

$R_{yn}$  – нормативное сопротивление стали,  $Па$

$W$  – момент сопротивления сечения,  $м^3$

$C$  – коэффициент развития пластических деформаций

Для равномерно нагруженной шарнирноопертой балки

$$M_n = \frac{q_n * l^2}{8} = \frac{9,8 * 4^2}{8} = 19,6 * 10^3 \text{ Н м}$$

$R_{yn}$  – определяется маркой стали

$C$  – принимается в зависимости от вида сечения

Предел текучести определяется маркой стали, из которой сделана конструкция и составляет 245 Мпа.

Значение коэффициента С следует принимать в зависимости от вида сечения. В данном случае  $C=1,17$ .

Момент сопротивления сечения для несимметричного сечения ( $W_x$  или  $W_y$ ) берется в зависимости от схемы приложения нагрузки

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_x * C * R_{yn}} \text{ ИЛИ } \gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_y * C * R_{yn}}$$

В нашем случае:

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_x * C * R_{yn}} = \frac{19,6 * 10^3}{7,43 * 10^{-4} * 1,17 * 246 * 10^6} = 0,1$$

Критическая температура определяется по следующей формуле:

$$\text{При } \gamma_{tem} < 0,6 \quad t_{кр} = 750 - 440 * \gamma_{tem} = 750 - 440 * 0,1 = 706 \text{ } ^\circ\text{C}$$

После определения  $t_{кр}$  возможно определение фактического предела огнестойкости рассматриваемой нагруженной балки

Определим  $t_{red}$

$$t_{red} = \frac{A}{U - a}$$

$$U - a = 2 * (h - 2t_f) + 3 * b - 2 * t_p + 4 * t_f = 2 * h + b - 2 * t_p$$

$$U - a = 2 * 3600 + 3 * 145 - 2 * 7,5 = 1140 \text{ мм}$$

$$t_{red} = \frac{6190}{1140} = 5,4 \text{ мм}$$

Зная  $t_{red}$  и  $t_{кр}$  можно определить предел огнестойкости металлической конструкции  $P_{\phi}$  по таблице

Выбираем в таблице значения  $t_{red1} < t_{red}$  и определяют время при этом значении:

$$\tau_1 = \tau_{12} \frac{\tau_{12} - \tau_{11}}{t_{12} - t_{11}} (t_{12} - t_{кр})$$

Где  $t_{12}$  и  $t_{11}$  ближайšie к  $t_{кр}$  табличные значения

Выбираем в таблице значения  $t_{red1} > t_{red}$  и определяют время при этом значении

$$\tau_2 = \tau_{22} \frac{\tau_{22} - \tau_{21}}{t_{22} - t_{21}} (t_{22} - t_{кр})$$

В нашем случае  $t_{red} = 5,4$  мм, а  $t_{кр} = 706$  С

$t_{red} = 5,4$  мм и лежит в границах между 4 мм и 6 мм

$t_{red1}$  принимаем 4 мм,  $t_{red2}$  принимаем 6 мм.

$t_{12}$  принимаем 670,  $t_{11}$  принимаем 736

$\tau_{12}$  принимаем 15 мин,  $\tau_{11}$  принимаем 10 минут

$$\tau_1 = \tau_{12} - \frac{\tau_{12} - \tau_{11}}{t_{12} - t_{11}} (t_{12} - t_{кр}) = 15 - \frac{15 - 10}{736 - 670} (736 - 706) = 12,7 \text{ мин}$$

$t_{red1}$  принимаем 4 мм,  $t_{red2}$  принимаем 6 мм.

$t_{22}$  принимаем 626,  $t_{21}$  принимаем 709

$\tau_{22}$  принимаем 20 мин,  $\tau_{21}$  принимаем 15 минут

$$\tau_2 = \tau_{22} - \frac{\tau_{22} - \tau_{21}}{t_{22} - t_{21}} (t_{22} - t_{кр}) = 20 - \frac{20 - 15}{709 - 626} (709 - 706) = 19,8 \text{ мин}$$

Определяем фактический предел огнестойкости

$$P_{\phi} = \tau_2 \frac{\tau_2 - \tau_1}{t_{red2} - t_{red1}} (t_{red2} - t_{red}) = 19,8 - \frac{19,8 - 12,7}{6 - 4} * (6 - 5,4) = 17,6 \text{ мин}$$

## Расчет фактического предела огнестойкости крайнего прогона в осях А, 1-7.

Металлическая шарнирноопертая балка, пролетом  $l=6$  м. Сечение швеллер № 22 П по ГОСТ 8240-97). Швеллер изготовлен из стали С 245,  $R_{yn}=245$  МПа. Нагрузка на прогон – центрально симметричная равномерно распределенная -  $q_n=5,6$  кН/м.

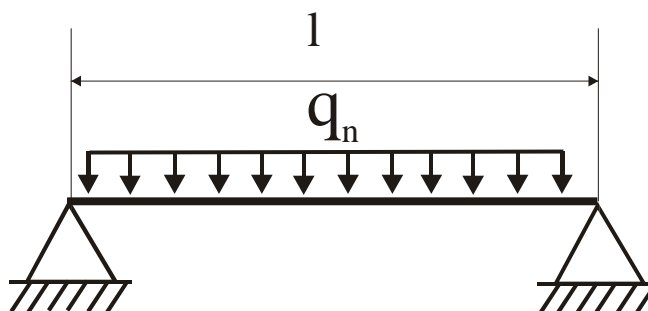


Рис.

Геометрические характеристики сечения двутавра № 36 по ГОСТ 8239.

$h$ , мм	$b$ , мм	$t_p$ , мм	$t_f$ , мм	$A$ , см	$W_x$ , см	$i_x$ , см	$W_y$ , см	$i_y$ , см
220	82	5,2	9	26,7	193	8,9	31	2,58

2  
3  
3

Для определения фактического предела огнестойкости нагружаемой балки необходимо определить температурный коэффициент снижения сопротивления стали.

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W * C * R_{yn}}$$

$\gamma_{tem}$  – температурный коэффициент снижения сопротивления стали

$M_n$  – максимальный изгибающий момент от нормативной нагрузки,  $Н м$

$R_{yn}$  – нормативное сопротивление стали,  $Па$

$W$  – момент сопротивления сечения,  $м^3$

$C$  – коэффициент развития пластических деформаций

Для равномерно нагруженной шарнирноопертой балки

$$M_n = \frac{g_n * l^2}{8} = \frac{5,6 * 6^2}{8} = 25,2 * 10^3 \text{ Н м}$$

$R_{yn}$  – определяется маркой стали

$C$  – принимается в зависимости от вида сечения

Предел текучести определяется маркой стали, из которой сделана конструкция и составляет 245 Мпа.

Значение коэффициента  $C$  следует принимать в зависимости от вида сечения. В данном случае  $C=1,17$ .

Момент сопротивления сечения для несимметричного сечения ( $W_x$  или  $W_y$ ) берется в зависимости от схемы приложения нагрузки

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_x * C * R_{yn}} \text{ ИЛИ } \gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_y * C * R_{yn}}$$

В нашем случае:

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_x * C * R_{yn}} = \frac{25,2 * 10^3}{1,93 * 10^{-4} * 1,17 * 246 * 10^6} = 0,43$$

Критическая температура определяется по следующей формуле:

$$\text{При } \gamma_{tem} < 0,6 \quad t_{кр} = 750 - 440 * \gamma_{tem} = 750 - 440 * 0,43 = 560 \text{ оС}$$

После определения  $t_{кр}$  возможно определение фактического предела огнестойкости рассматриваемой нагруженной балки

По справочным данным приведенная толщина швеллера 22П составляет: 3,8  
мм

Зная  $t_{red}$  и  $t_{кр}$  можно определить предел огнестойкости металлической конструкции  $P_{\phi}$  по таблице

Выбираем в таблице значения  $t_{red1} < t_{red}$  и определяют время при этом значении:

$$\tau_1 = \tau_{12} \frac{\tau_{12} - \tau_{11}}{t_{12} - t_{11}} (t_{12} - t_{кр})$$

Где  $t_{12}$  и  $t_{11}$  ближайšie к  $t_{кр}$  табличные значения

Выбираем в таблице значения  $t_{red1} > t_{red}$  и определяют время при этом значении

$$\tau_2 = \tau_{22} \frac{\tau_{22} - \tau_{21}}{t_{22} - t_{21}} (t_{22} - t_{кр})$$

В нашем случае  $t_{red} = 3,8$  мм, а  $t_{кр} = 560$  С

$t_{red} = 3,8$  мм и лежит в границах между 3 мм и 4 мм

$t_{red1}$  принимаем 4 мм,  $t_{red2}$  принимаем 6 мм.

$t_{12}$  принимаем 351,  $t_{11}$  принимаем 592

$\tau_{12}$  принимаем 5 мин,  $\tau_{11}$  принимаем 10 минут

$$\tau_1 = \tau_{12} - \frac{\tau_{12} - \tau_{11}}{t_{12} - t_{11}} (t_{12} - t_{кр}) = 10 - \frac{10 - 5}{592 - 351} (592 - 560) = 9,3 \text{ мин}$$

$t_{red1}$  принимаем 3 мм,  $t_{red2}$  принимаем 4 мм.

$t_{22}$  принимаем 296,  $t_{21}$  принимаем 561

$\tau_{22}$  принимаем 10 мин,  $\tau_{21}$  принимаем 5 минут

$$\tau_2 = \tau_{22} - \frac{\tau_{22} - \tau_{21}}{t_{22} - t_{21}} (t_{22} - t_{кр}) = 10 - \frac{10 - 5}{561 - 296} (561 - 560) = 9,9 \text{ мин}$$

Определяем фактический предел огнестойкости

$$P_{\phi} = \tau_2 \frac{\tau_2 - \tau_1}{t_{red2} - t_{red1}} (t_{red2} - t_{red}) = 9,9 - \frac{9,9 - 9,3}{4 - 3} * (4 - 3,8) = 9,7 \text{ мин}$$

**Расчет фактического предела огнестойкости прогонов в осях А-Б 1-7., В-Г 1-7**

Металлическая шарнирноопертая балка, пролетом  $l=6$  м. Сечение швеллер № 22 П по ГОСТ 8240-97). Швеллер изготовлен из стали С 245,  $R_{yn}=245$  МПа. Нагрузка на прогон – центрально симметричная равномерно распределенная -  $q_n=6,4$  кН/м.

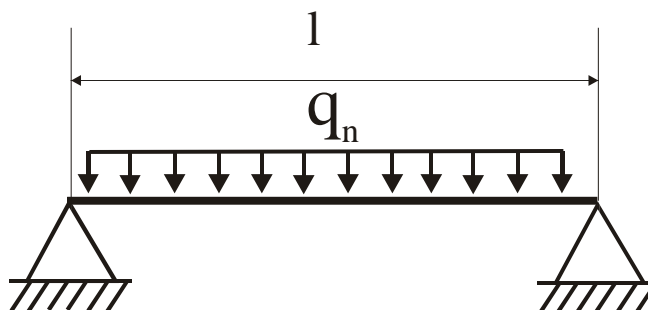


Рис.

Геометрические характеристики сечения двутавра № 36 по ГОСТ 8239.

$h$ , мм	$b$ , мм	$t_p$ , мм	$t_f$ , мм	$A$ , см	$W_x$ , см	$i_x$ , см	$W_y$ , см	$i_y$ , см
220	82	5,2	9	26,7	193	8,9	31	2,58

2  
3  
3

Для определения фактического предела огнестойкости нагружаемой балки необходимо определить температурный коэффициент снижения сопротивления стали.

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W * C * R_{yn}}$$

$\gamma_{tem}$  – температурный коэффициент снижения сопротивления стали

$M_n$  – максимальный изгибающий момент от нормативной нагрузки,  $Н м$

$R_{yn}$  – нормативное сопротивление стали,  $Па$

$W$  – момент сопротивления сечения,  $м^3$

$C$  – коэффициент развития пластических деформаций

Для равномерно нагруженной шарнирноопертой балки

$$M_n = \frac{g_n * l^2}{8} = \frac{6,4 * 6^2}{8} = 28,8 * 10^3 \text{ Н м}$$

$R_{yn}$  – определяется маркой стали

$C$  – принимается в зависимости от вида сечения

Предел текучести определяется маркой стали, из которой сделана конструкция и составляет 245 Мпа.

Значение коэффициента  $C$  следует принимать в зависимости от вида сечения. В данном случае  $C=1,17$ .

Момент сопротивления сечения для несимметричного сечения ( $W_x$  или  $W_y$ ) берется в зависимости от схемы приложения нагрузки

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_x * C * R_{yn}} \text{ ИЛИ } \gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_y * C * R_{yn}}$$

В нашем случае:

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_x * C * R_{yn}} = \frac{28,8 * 10^3}{1,93 * 10^{-4} * 1,17 * 246 * 10^6} = 0,5$$

Критическая температура определяется по следующей формуле:

$$\text{При } \gamma_{tem} < 0,6 \quad t_{кр} = 750 - 440 * \gamma_{tem} = 750 - 440 * 0,5 = 530 \text{ оС}$$

После определения  $t_{кр}$  возможно определение фактического предела огнестойкости рассматриваемой нагруженной балки

По справочным данным приведенная толщина швеллера 22П составляет: 3,8  
мм

Зная  $t_{red}$  и  $t_{кр}$  можно определить предел огнестойкости металлической конструкции  $P_f$  по таблице

Выбираем в таблице значения  $t_{red1} < t_{red}$  и определяют время при этом значении:

$$\tau_1 = \tau_{12} \frac{\tau_{12} - \tau_{11}}{t_{12} - t_{11}} (t_{12} - t_{кр})$$

Где  $t_{12}$  и  $t_{11}$  ближайшие к  $t_{кр}$  табличные значения

Выбираем в таблице значения  $t_{red1} > t_{red}$  и определяют время при этом значении

$$\tau_2 = \tau_{22} \frac{\tau_{22} - \tau_{21}}{t_{22} - t_{21}} (t_{22} - t_{кр})$$

В нашем случае  $t_{red} = 3,8$  мм, а  $t_{кр} = 530$  С

$t_{red} = 3,8$  мм и лежит в границах между 3 мм и 4 мм

$t_{red1}$  принимаем 4 мм,  $t_{red2}$  принимаем 6 мм.

$t_{12}$  принимаем 351,  $t_{11}$  принимаем 592

$\tau_{12}$  принимаем 5 мин,  $\tau_{11}$  принимаем 10 минут

$$\tau_1 = \tau_{12} - \frac{\tau_{12} - \tau_{11}}{t_{12} - t_{11}} (t_{12} - t_{кр}) = 10 - \frac{10 - 5}{592 - 351} (592 - 530) = 8,7 \text{ мин}$$

$t_{red1}$  принимаем 3 мм,  $t_{red2}$  принимаем 4 мм.

$t_{22}$  принимаем 296,  $t_{21}$  принимаем 561

$\tau_{22}$  принимаем 10 мин,  $\tau_{21}$  принимаем 5 минут

$$\tau_2 = \tau_{22} - \frac{\tau_{22} - \tau_{21}}{t_{22} - t_{21}} (t_{22} - t_{кр}) = 10 - \frac{10 - 5}{561 - 296} (561 - 530) = 9,41 \text{ мин}$$

Определяем фактический предел огнестойкости

$$P_{\phi} = \tau_2 \frac{\tau_2 - \tau_1}{t_{red2} - t_{red1}} (t_{red2} - t_{red}) = 9,41 - \frac{9,41 - 8,7}{4 - 3} * (4 - 3,8) = 9,2 \text{ мин}$$

### Расчет фактического предела огнестойкости прогонов в осях Б-В 1-6

Металлическая шарнирноопертая балка, пролетом  $l = 6$  м. Сечение швеллер № 22 П по ГОСТ 8240-97). Швеллер изготовлен из стали С 245,  $R_{yn} = 245$  МПа. Нагрузка на прогон – центрально симметричная равномерно распределенная -  $q_n = 2,2$  кН/м.

Геометрические характеристики сечения двутавра № 36 по ГОСТ 8239.

$h$ , мм	$b$ , мм	$t_p$ , мм	$t_f$ , мм	$A$ , см	$W_x$ , см	$i_x$ , см	$W_y$ , см	$i_y$ , см
220	82	5,2	9	26,7	193	8,9	31	2,58

2  
3  
3

Для определения фактического предела огнестойкости нагружаемой балки необходимо определить температурный коэффициент снижения сопротивления стали.

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W * C * R_{yn}}$$

$\gamma_{tem}$  – температурный коэффициент снижения сопротивления стали

$M_n$  – максимальный изгибающий момент от нормативной нагрузки,  $Н м$

$R_{yn}$  – нормативное сопротивление стали,  $Па$

$W$  – момент сопротивления сечения,  $м^3$

$C$  – коэффициент развития пластических деформаций

Для равномерно нагруженной шарнирноопертой балки

$$M_n = \frac{g_n * l^2}{8} = \frac{2,2 * 6^2}{8} = 9,9 * 10^3 \text{ Н м}$$

$R_{yn}$  – определяется маркой стали

$C$  – принимается в зависимости от вида сечения

Предел текучести определяется маркой стали, из которой сделана конструкция и составляет 245 Мпа.

Значение коэффициента  $C$  следует принимать в зависимости от вида сечения. В данном случае  $C=1,17$ .

Момент сопротивления сечения для несимметричного сечения ( $W_x$  или  $W_y$ ) берется в зависимости от схемы приложения нагрузки

$$\gamma_{\text{tem}} = \frac{M_n}{W_x * C * R_{yn}} \text{ ИЛИ } \gamma_{\text{tem}} = \frac{M_n}{W_y * C * R_{yn}}$$

В нашем случае:

$$\gamma_{\text{tem}} = \frac{M_n}{W_x * C * R_{yn}} = \frac{9,9 * 10^3}{1,93 * 10^{-4} * 1,17 * 246 * 10^6} = 0,17$$

Критическая температура определяется по следующей формуле:

$$\text{При } \gamma_{\text{tem}} < 0.6 \quad t_{\text{кр}} = 750 - 440 * \gamma_{\text{tem}} = 750 - 440 * 0,17 = 675 \text{ оС}$$

После определения  $t_{\text{кр}}$  возможно определение фактического предела огнестойкости рассматриваемой нагруженной балки

По справочным данным приведенная толщина швеллера 22П составляет: 3,8  
мм

Зная  $t_{\text{red}}$  и  $t_{\text{кр}}$  можно определить предел огнестойкости металлической конструкции  $P_{\text{ф}}$  по таблице

Выбираем в таблице значения  $t_{\text{red1}} < t_{\text{red}}$  и определяют время при этом значении:

$$\tau_1 = \tau_{12} \frac{t_{12} - t_{11}}{t_{12} - t_{11}} (t_{12} - t_{\text{кр}})$$

Где  $t_{12}$  и  $t_{11}$  ближайšie к  $t_{\text{кр}}$  табличные значения

Выбираем в таблице значения  $t_{\text{red1}} > t_{\text{red}}$  и определяют время при этом значении

$$\tau_2 = \tau_{22} \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{22} - t_{21}} (t_{22} - t_{\text{кр}})$$

В нашем случае  $t_{\text{red}} = 3,8$  мм, а  $t_{\text{кр}} = 665$  С

$t_{\text{red}} = 3,8$  мм и лежит в границах между 3 мм и 4 мм

$t_{\text{red1}}$  принимаем 3 мм,  $t_{\text{red2}}$  принимаем 4 мм.

$t_{12}$  принимаем 592,  $t_{11}$  принимаем 689

$\tau_{12}$  принимаем 10 мин,  $\tau_{11}$  принимаем 15 минут

$$\tau_1 = \tau_{12} - \frac{\tau_{12} - \tau_{11}}{t_{12} - t_{11}}(t_{12} - t_{кр}) = 15 - \frac{15 - 10}{689 - 592}(689 - 665) = 13,7 \text{ мин}$$

$t_{red1}$  принимаем 3 мм,  $t_{red2}$  принимаем 4 мм.

$t_{22}$  принимаем 561,  $t_{21}$  принимаем 670

$\tau_{22}$  принимаем 15 мин,  $\tau_{21}$  принимаем 10 минут

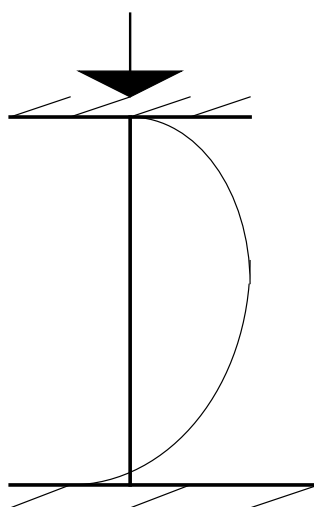
$$\tau_2 = \tau_{22} - \frac{\tau_{22} - \tau_{21}}{t_{22} - t_{21}}(t_{22} - t_{кр}) = 15 - \frac{15 - 10}{670 - 561}(670 - 665) = 14,7 \text{ мин}$$

Определяем фактический предел огнестойкости

$$P_{\phi} = \tau_2 \frac{\tau_2 - \tau_1}{t_{red2} - t_{red1}}(t_{red2} - t_{red1}) = 14,7 - \frac{14,7 - 13,7}{4 - 3} * (4 - 3,8) = 14,5 \text{ мин}$$

### Расчет фактического предела огнестойкости двутавровых колонн

Металлическая колонна, пролетом  $l=7$  м. Сечение двутавр №36 по ГОСТ 8239 (горячекатанный с уклоном граней полок). Двутавр изготовлен из стали С 245 ( $R_{yn}=245$  МПа, табл. 51\* СНиП II-23-81). Нагрузка на колонну -  $N_n=330$  кН.



Геометрические характеристики сечения двутавра № 36 по ГОСТ 8239.

$h$ , мм	$b$ , мм	$t_p$ , мм	$t_f$ , мм	$A$ , см	$W_x$ , см	$i_x$ , см	$W_y$ , см	$i_y$ , см
----------	----------	------------	------------	----------	------------	------------	------------	------------

360	145	7,5	12,3	61,9	743	14,7	71,1	2,89
-----	-----	-----	------	------	-----	------	------	------

2  
3

3

Для определения фактического предела огнестойкости нагружаемой балки необходимо определить температурный коэффициент снижения сопротивления стали.

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{R_{yn} * A} = \frac{330 * 10^3}{265 * 10^6 * 61 * 10^{-4}} = 0,2$$

Критическая температура сжатого элемента определяется в зависимости от значений  $\Delta\delta$  и  $\gamma_{tem}$

$\Delta\varepsilon \cdot 10^4$	Критическая температура $t_{кр}$ (°C) при значениях $\gamma_{tem}$							
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
0	20	20	20	20	20	20	20	20
1	490	366	306	267	238	220	204	189
2	634	521	427	379	340	311	284	232
3	658	603	520	456	409	372	345	246
4	672	630	577	512	465	423	373	252
5	681	641	598	544	496	451	386	255
6	686	647	607	558	517	468	389	257
7	689	650	610	564	523	476	392	259
8	692	652	612	569	526	479	394	261
10	696	656	614	572	529	483	396	263
12	700	658	616	573	529	485	398	265
14	702	660	617	573	529	485	398	265
16	704	661	617	574	530	486	399	266
18	705	662	618	574	530	486	399	266
20	706	662	618	574	530	486	399	266

$$\Delta\varepsilon = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma n}{E}$$

$$\lambda = \frac{\mu * l}{i}$$

$\mu=0,7$  – для жесткого закрепления внизу и шарнирного опирания сверху

длина балки составляет 7 метра

радиус инерции конструкции из справочных данных составляет 0,028 м, следовательно:

$$\lambda = \frac{\mu * l}{i} = \frac{0,5 * 7}{0.028} = 125$$

$$\delta n = \frac{Nn}{A} = \frac{330 * 10^3}{0,0061} = 5,4 * 10^7 \text{ Па}$$

После определения значений, находим  $\Delta\varepsilon$ . Значение модуля упругости (E) составляет  $2,06 * 10^{11}$

$$\Delta\varepsilon = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma n}{E} = \left(\frac{3,14}{125}\right)^2 - \frac{5,4 * 10^7}{2,06 * 10^{11}} = 3,6 * 10^{-4}$$

Выбираем из табличных значений  $\nu_{\text{тем}}$  и  $\Delta\varepsilon$  ближайшие к найденному значению.

Критическая температура определяется по формуле:

$$t_{\text{кр}} = t_2 - \frac{t_2 - t_1}{\nu_{\text{тем} 1} - \nu_{\text{тем} 2}} * (\nu_{\text{тем} 1} - \nu_{\text{тем} 2}), \text{ где}$$

$$t_1 = t_{12} - \frac{t_{12} - t_{11}}{\Delta\varepsilon_2 - \Delta\varepsilon_1} * (\Delta\varepsilon_2 - \Delta\varepsilon)$$

$$t_2 = t_{22} - \frac{t_{22} - t_{21}}{\Delta\varepsilon_2 - \Delta\varepsilon_1} * (\Delta\varepsilon_2 - \Delta\varepsilon)$$

В нашем случае

$$\nu_{\text{тем}} = 0,2, \Delta\varepsilon = 3,6 * 10^{-4}$$

Учитывая, что  $\nu_{\text{тем}} = 0,2$ , следовательно  $t_1$  составляет 603 градуса,  $t_2$  составляет 630 градусов

Определяем критическую температуру:

$$t_{кр} = t_2 - \frac{t_2 - t_1}{\gamma_{tem 1} - \gamma_{tem 2}} * (\gamma_{tem 1} - \gamma_{tem 2}) = 603 - \frac{603 - 630}{0,2 - 0,2} * (0,2 - 0,2) = 603 \text{ градуса.}$$

После определения  $t_{кр}$  возможно определение фактического предела огнестойкости колонны.

Определим  $t_{red}$

$$t_{red} = \frac{A}{U - a}$$

$$U - a = 2 * (h - 2 * t_f) + 3 * b - 2 * t_p + 4 * t_f = 2 * h + b - 2 * t_p$$

$$U - a = 2 * 3600 + 3 * 145 - 2 * 7,5 = 1140 \text{ мм}$$

$$t_{red} = \frac{6190}{1140} = 5,4 \text{ мм}$$

Зная  $t_{red}$  и  $t_{кр}$  можно определить предел огнестойкости металлической конструкции  $P_{ф}$  по таблице

$t_{red}$ , мм	Температура прогрева незащищенных стальных пластин (мин)								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
0	569	675	736	780	813	841	864	884	902
1	488	653	721	769	803	837	861	882	900
2	415	621	706	759	795	833	857	880	897
3	351	592	689	748	786	853	853	878	894
4	296	561	670	736	777	849	849	875	891
6	212	495	626	709	758	839	839	868	884
8	163	421	576	680	738	827	827	860	876
10	150	342	519	647	718	814	814	850	868
15	116	276	431	552	656	772	773	817	843
20	98	217	352	473	571	660	724	774	813

Выбираем в таблице значения  $t_{red1} < t_{red}$  и определяют время при этом значении:

$$\tau_1 = \tau_{12} \frac{\tau_{12} - \tau_{11}}{t_{12} - t_{11}} (t_{12} - t_{кр})$$

Где  $t_{12}$  и  $t_{11}$  ближайšie к  $t_{кр}$  табличные значения

Выбираем в таблице значения  $t_{red1} > t_{red}$  и определяют время при этом значении

$$\tau_2 = \tau_{22} \frac{\tau_{22} - \tau_{21}}{t_{22} - t_{21}} (t_{22} - t_{кр})$$

В нашем случае  $t_{red} = 5,4$  мм, а  $t_{кр} = 603$  С

$t_{red} = 5,4$  мм и лежит в границах между 4 мм и 6 мм

$t_{red1}$  принимаем 4 мм,  $t_{red2}$  принимаем 6 мм.

$t_{12}$  принимаем 561,  $t_{11}$  принимаем 670

$\tau_{12}$  принимаем 15 мин,  $\tau_{11}$  принимаем 10 минут

$$\tau_1 = \tau_{12} - \frac{\tau_{12} - \tau_{11}}{t_{12} - t_{11}} (t_{12} - t_{кр}) = 15 - \frac{15 - 10}{670 - 561} (670 - 603) = 11,9 \text{ мин}$$

$t_{red1}$  принимаем 4 мм,  $t_{red2}$  принимаем 6 мм.

$t_{22}$  принимаем 495,  $t_{21}$  принимаем 626

$\tau_{22}$  принимаем 15 мин,  $\tau_{21}$  принимаем 10 минут

$$\tau_2 = \tau_{22} - \frac{\tau_{22} - \tau_{21}}{t_{22} - t_{21}} (t_{22} - t_{кр}) = 15 - \frac{15 - 10}{626 - 495} (626 - 603) = 14,1 \text{ мин}$$

Определяем фактический предел огнестойкости

$$P_{\phi} = \tau_2 \frac{\tau_2 - \tau_1}{t_{red2} - t_{red1}} (t_{red2} - t_{red}) = 14,1 - \frac{14,1 - 11,9}{6 - 4} * (6 - 5,4) = 13,44 \text{ мин}$$

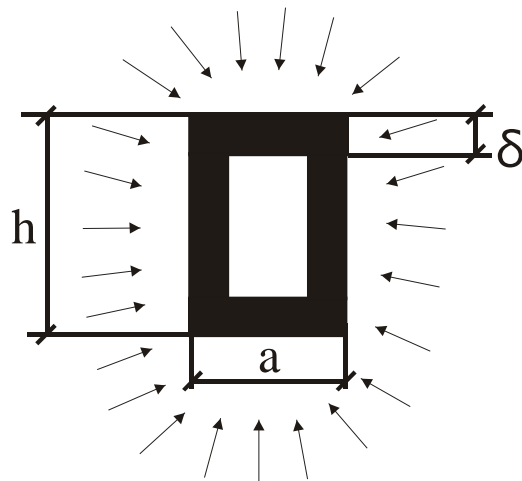
## Склад № 1

### Конструктивные решения

Каркас здания представляет собой наличие пяти металлических колонн, расположенных вдоль буквенных осей. Кроме того, вдоль поперечных осей расположены двутавры № 36. На двутавры укладываются продольные прогоны, швеллер П 22. По швеллерам и рамам укладываются кровельные прогоны по швеллерам П22, на которые монтируется профнастил.

### **Расчет фактического предела огнестойкости балок в осях 1-5, Б-Е**

Металлическая шарнирноопертая балка, пролетом  $l=24$  м. Сечение – прямоугольная рама 660x220 мм. Изготовлена из стали С 245 ( $R_{yn}=245$  МПа, табл. 51\* СНиП II-23-81). Нагрузка на балку – центрально симметричная равномерно распределенная -  $q_n=9,7$  кН/м.



Параметры:

$$H = 660 \text{ мм}$$

$$A = 220 \text{ мм}$$

$$\delta = 9,5 \text{ мм}$$

Для определения фактического предела огнестойкости нагружаемой балки необходимо определить температурный коэффициент снижения сопротивления стали.

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W * C * R_{yn}}$$

$\gamma_{tem}$  – температурный коэффициент снижения сопротивления стали

$M_n$  – максимальный изгибающий момент от нормативной нагрузки, *Н м*

$R_{yn}$  – нормативное сопротивление стали, *Па*

$W$  – момент сопротивления сечения, *м<sup>3</sup>*

$C$  – коэффициент развития пластических деформаций

Для равномерно нагруженной шарнирноопертой балки

$$M_n = \frac{g_n * l^2}{8} = \frac{9,7 * 24^2}{8} = 698,2 * 10^3 \text{ Н м}$$

$R_{yn}$  – определяется маркой стали

$C$  – принимается в зависимости от вида сечения

Предел текучести определяется маркой стали, из которой сделана конструкция и составляет 245 Мпа.

Значение коэффициента  $C$  следует принимать в зависимости от вида сечения. В данном случае  $C=1,5$ .

Момент сопротивления сечения для прямоугольного сечения определяется по формуле:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{220 \cdot 660^2}{6} = 0,016 \text{ м}$$

В нашем случае:

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W \cdot C \cdot R_{yn}} = \frac{698,2 \cdot 10^3}{0,016 \cdot 1,5 \cdot 246 \cdot 10^6} = 0,12$$

Критическая температура определяется по следующей формуле:

$$\text{При } \gamma_{tem} < 0,6 \quad t_{кр} = 750 - 440 \cdot \gamma_{tem} = 750 - 440 \cdot 0,12 = 697 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Выбираем в таблице значения  $t_{red1} < t_{red}$  и определяют время при этом значении:

$$\tau_1 = \tau_{12} \frac{t_{12} - t_{11}}{t_{12} - t_{11}} (t_{12} - t_{кр})$$

Где  $t_{12}$  и  $t_{11}$  ближайšie к  $t_{кр}$  табличные значения

Выбираем в таблице значения  $t_{red1} > t_{red}$  и определяют время при этом значении

$$\tau_2 = \tau_{22} \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{22} - t_{21}} (t_{22} - t_{кр})$$

В нашем случае  $t_{red} = 5$  мм, а  $t_{кр} = 697$  С

$t_{red}=5$  мм и лежит в границах между 4 мм и 6 мм

$t_{red1}$  принимаем 4 мм,  $t_{red2}$  принимаем 6 мм.

$t_{12}$  принимаем 670,  $t_{11}$  принимаем 736

$\tau_{12}$  принимаем 15 мин,  $\tau_{11}$  принимаем 20 минут

$$\tau_1 = \tau_{12} - \frac{\tau_{12} - \tau_{11}}{t_{12} - t_{11}}(t_{12} - t_{кр}) = 20 - \frac{20 - 15}{736 - 670}(736 - 697) = 17 \text{ мин}$$

$t_{red1}$  принимаем 4 мм,  $t_{red2}$  принимаем 6 мм.

$t_{22}$  принимаем 626,  $t_{21}$  принимаем 709

$\tau_{22}$  принимаем 20 мин,  $\tau_{21}$  принимаем 15 минут

$$\tau_2 = \tau_{22} - \frac{\tau_{22} - \tau_{21}}{t_{22} - t_{21}}(t_{22} - t_{кр}) = 20 - \frac{20 - 15}{709 - 626}(709 - 697) = 19,2 \text{ мин}$$

Определяем фактический предел огнестойкости

$$P_{\phi} = \tau_2 \frac{\tau_2 - \tau_1}{t_{red2} - t_{red1}}(t_{red2} - t_{red}) = 19,2 - \frac{19,2 - 17}{6 - 5} * (6 - 5) = 17 \text{ мин}$$

### **Расчет фактического предела огнестойкости балки в осях Ж 1-5, А 1-5.**

Металлическая шарнирноопертая балка, пролетом  $l=6$  м. Сечение швеллер № 22 П по ГОСТ 8240-97). Швеллер изготовлен из стали С 245,  $R_{yt}=245$  МПа. Нагрузка на прогон – центрально симметричная равномерно распределенная -  $q_n=6,8$  кН/м.

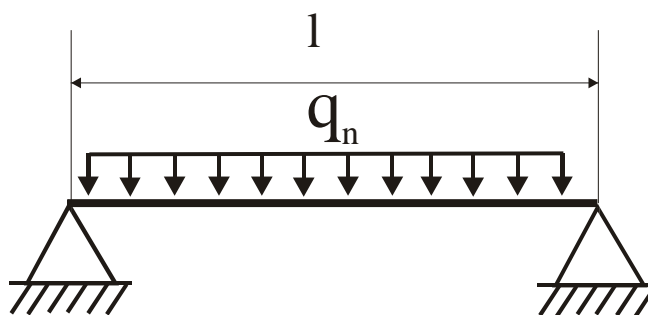


Рис.

Геометрические характеристики сечения двутавра № 36 по ГОСТ 8239.

$h$ , мм	$b$ , мм	$t_p$ , мм	$t_f$ , мм	$A$ , см	$W_x$ , см	$i_x$ , см	$W_y$ , см	$i_y$ , см
220	82	5,2	9	26,7	193	8,9	31	2,58

2  
3  
3

Для определения фактического предела огнестойкости нагружаемой балки необходимо определить температурный коэффициент снижения сопротивления стали.

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W * C * R_{yn}}$$

$\gamma_{tem}$  – температурный коэффициент снижения сопротивления стали

$M_n$  – максимальный изгибающий момент от нормативной нагрузки,  $Н м$

$R_{yn}$  – нормативное сопротивление стали,  $Па$

$W$  – момент сопротивления сечения,  $м^3$

$C$  – коэффициент развития пластических деформаций

Для равномерно нагруженной шарнирноопертой балки

$$M_n = \frac{g_n * l^2}{8} = \frac{6,8 * 6^2}{8} = 30,6 * 10^3 \text{ Н м}$$

$R_{yn}$  – определяется маркой стали

$C$  – принимается в зависимости от вида сечения

Предел текучести определяется маркой стали, из которой сделана конструкция и составляет 245 Мпа.

Значение коэффициента С следует принимать в зависимости от вида сечения. В данном случае  $C=1,17$ .

Момент сопротивления сечения для несимметричного сечения ( $W_x$  или  $W_y$ ) берется в зависимости от схемы приложения нагрузки

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_x * C * R_{yn}} \text{ ИЛИ } \gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_y * C * R_{yn}}$$

В нашем случае:

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_x * C * R_{yn}} = \frac{30,6 * 10^3}{1,93 * 10^{-4} * 1,17 * 246 * 10^6} = 0,53$$

Критическая температура определяется по следующей формуле:

$$\text{При } \gamma_{tem} < 0,6 \quad t_{кр} = 750 - 440 * \gamma_{tem} = 750 - 440 * 0,53 = 508 \text{ } ^\circ\text{C}$$

После определения  $t_{кр}$  возможно определение фактического предела огнестойкости рассматриваемой нагруженной балки

По справочным данным приведенная толщина швеллера 22П составляет: 3,8  
мм

Зная  $t_{red}$  и  $t_{кр}$  можно определить предел огнестойкости металлической конструкции  $P_f$  по таблице

Выбираем в таблице значения  $t_{red1} < t_{red}$  и определяют время при этом значении:

$$\tau_1 = \tau_{12} \frac{\tau_{12} - \tau_{11}}{t_{12} - t_{11}} (t_{12} - t_{кр})$$

Где  $t_{12}$  и  $t_{11}$  ближайšie к  $t_{кр}$  табличные значения

Выбираем в таблице значения  $t_{red1} > t_{red}$  и определяют время при этом значении

$$\tau_2 = \tau_{22} \frac{\tau_{22} - \tau_{21}}{t_{22} - t_{21}} (t_{22} - t_{кр})$$

В нашем случае  $t_{red} = 3,8$  мм, а  $t_{кр} = 508$  С

$t_{red} = 3,8$  мм и лежит в границах между 3 мм и 4 мм

$t_{red1}$  принимаем 4 мм,  $t_{red2}$  принимаем 6 мм.

$t_{12}$  принимаем 351,  $t_{11}$  принимаем 592

$\tau_{12}$  принимаем 5 мин,  $\tau_{11}$  принимаем 10 минут

$$\tau_1 = \tau_{12} - \frac{\tau_{12} - \tau_{11}}{t_{12} - t_{11}} (t_{12} - t_{кр}) = 10 - \frac{10 - 5}{592 - 351} (592 - 508) = 8,2 \text{ мин}$$

$t_{red1}$  принимаем 3 мм,  $t_{red2}$  принимаем 4 мм.

$t_{22}$  принимаем 296,  $t_{21}$  принимаем 561

$\tau_{22}$  принимаем 10 мин,  $\tau_{21}$  принимаем 5 минут

$$\tau_2 = \tau_{22} - \frac{\tau_{22} - \tau_{21}}{t_{22} - t_{21}} (t_{22} - t_{кр}) = 10 - \frac{10 - 5}{561 - 296} (561 - 508) = 9,13 \text{ мин}$$

Определяем фактический предел огнестойкости

$$P_{\phi} = \tau_2 \frac{\tau_2 - \tau_1}{t_{red2} - t_{red1}} (t_{red2} - t_{red}) = 9,13 - \frac{9,13 - 8,2}{4 - 3} * (4 - 3,8) = 8,7 \text{ мин}$$

### **Расчет фактического предела огнестойкости прогонов крепления покрытия**

Учитывая, что все прогоны являются шарнирноопертыми балками и длина между точками крепления составляет 6 метров, целесообразно провести расчет для конструкции с максимаальной нагрузкой.

Металлическая шарнирноопертая балка, пролетом  $l = 6$  м. Сечение швеллер № 22 П по ГОСТ 8240-97). Швеллер изготовлен из стали С 245,  $R_{yn} = 245$  МПа. Нагрузка на прогон – центрально симметричная равномерно распределенная -  $q_n = 5,7$  кН/м.

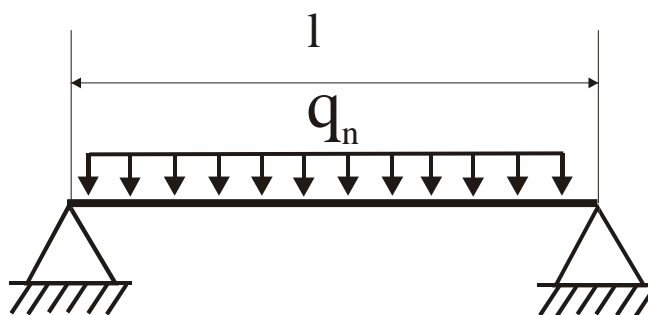


Рис.

Геометрические характеристики сечения двутавра № 36 по ГОСТ 8239.

$h$ , мм	$b$ , мм	$t_p$ , мм	$t_f$ , мм	$A$ , см	$W_x$ , см	$i_x$ , см	$W_y$ , см	$i_y$ , см
220	82	5,2	9	26,7	193	8,9	31	2,58

2  
3  
3

Для определения фактического предела огнестойкости нагружаемой балки необходимо определить температурный коэффициент снижения сопротивления стали.

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W * C * R_{yn}}$$

$\gamma_{tem}$  – температурный коэффициент снижения сопротивления стали

$M_n$  – максимальный изгибающий момент от нормативной нагрузки,  $H м$

$R_{yn}$  – нормативное сопротивление стали,  $Па$

$W$  – момент сопротивления сечения,  $м^3$

$C$  – коэффициент развития пластических деформаций

$$M_n = \frac{q_n * l^2}{8} = \frac{5,6 * 6^2}{8} = 25,6 * 10^3 \text{ Н м}$$

$R_{yn}$  – определяется маркой стали

$C$  – принимается в зависимости от вида сечения

Предел текучести определяется маркой стали, из которой сделана конструкция и составляет 245 Мпа.

Значение коэффициента С следует принимать в зависимости от вида сечения. В данном случае  $C=1,17$ .

Момент сопротивления сечения для несимметричного сечения ( $W_x$  или  $W_y$ ) берется в зависимости от схемы приложения нагрузки

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_x * C * R_{yn}} \text{ ИЛИ } \gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_y * C * R_{yn}}$$

В нашем случае:

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_x * C * R_{yn}} = \frac{25,6 * 10^3}{1,93 * 10^{-4} * 1,17 * 246 * 10^6} = 0,44$$

Критическая температура определяется по следующей формуле:

$$\text{При } \gamma_{tem} < 0.6 \quad t_{кр} = 750 - 440 * \gamma_{tem} = 750 - 440 * 0,44 = 560 \text{ оС}$$

После определения  $t_{кр}$  возможно определение фактического предела огнестойкости рассматриваемой нагруженной балки

По справочным данным приведенная толщина швеллера 22П составляет: 3,8  
мм

Зная  $t_{red}$  и  $t_{кр}$  можно определить предел огнестойкости металлической конструкции  $P_f$  по таблице

Выбираем в таблице значения  $t_{red1} < t_{red}$  и определяют время при этом значении:

$$\tau_1 = \tau_{12} \frac{t_{12} - t_{11}}{t_{12} - t_{11}} (t_{12} - t_{кр})$$

Где  $t_{12}$  и  $t_{11}$  ближайšie к  $t_{кр}$  табличные значения

Выбираем в таблице значения  $t_{red1} > t_{red}$  и определяют время при этом значении

$$\tau_2 = \tau_{22} \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{22} - t_{21}} (t_{22} - t_{кр})$$

В нашем случае  $t_{red}=3,8$  мм, а  $t_{кр}=560$  С

$t_{red}=3,8$  мм и лежит в границах между 3 мм и 4 мм

$t_{red1}$  принимаем 4 мм,  $t_{red2}$  принимаем 6 мм.

$t_{12}$  принимаем 351,  $t_{11}$  принимаем 592

$\tau_{12}$  принимаем 5 мин,  $\tau_{11}$  принимаем 10 минут

$$\tau_1 = \tau_{12} - \frac{\tau_{12} - \tau_{11}}{t_{12} - t_{11}}(t_{12} - t_{кр}) = 10 - \frac{10 - 5}{592 - 351}(592 - 560) = 9,3 \text{ мин}$$

$t_{red1}$  принимаем 3 мм,  $t_{red2}$  принимаем 4 мм.

$t_{22}$  принимаем 296,  $t_{21}$  принимаем 561

$\tau_{22}$  принимаем 10 мин,  $\tau_{21}$  принимаем 5 минут

$$\tau_2 = \tau_{22} - \frac{\tau_{22} - \tau_{21}}{t_{22} - t_{21}}(t_{22} - t_{кр}) = 10 - \frac{10 - 5}{561 - 296}(561 - 560) = 9,9 \text{ мин}$$

Определяем фактический предел огнестойкости

$$P_{\phi} = \tau_2 \frac{\tau_2 - \tau_1}{t_{red2} - t_{red1}}(t_{red2} - t_{red}) = 9,9 - \frac{9,9 - 9,3}{4 - 3} * (4 - 3,8) = 9,7 \text{ мин}$$

### Расчет фактического предела огнестойкости прямоугольных колонн

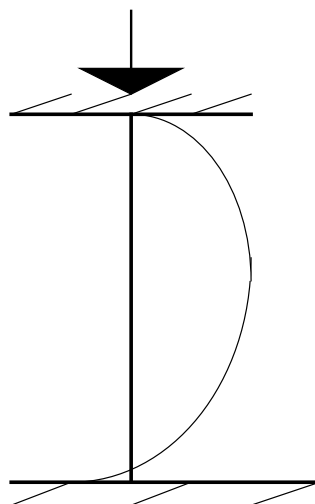
Металлическая шарнирноопертая колонна, пролетом  $l=7$  м. Сечение – прямоугольная рама 660x220 мм. Колонна изготовлена из стали С 245 ( $R_{yn}=245$  МПа, табл. 51\* СНиП II-23-81). Нагрузка на колонну -  $N_n=350$  кН.

Параметры:

$H = 660$  мм

$A = 220$  мм

$\delta = 9,5$  мм



2

3

3

Для определения фактического предела огнестойкости нагружаемой балки необходимо определить температурный коэффициент снижения сопротивления стали.

Определяем приведенную толщину металла

$$t_{red} = \frac{A}{U} = \frac{\delta \cdot (2a + h - 2\delta)}{2(h - \delta) + 3a} = \frac{9,5(2 \cdot 220 + 660 - 2 \cdot 9,5)}{2(660 - 9,5) + 3 \cdot 220} = 4,99 \text{ мм} = 0,5 \text{ см}$$

Используя статистические данные при приведенной толщине металла равной 5 мм, фактический предел огнестойкости составит 9 минут.

**Пределы огнестойкости несущих металлических конструкций**  
 (извлечение из табл. 9.2.9 раздела 9.2.3 книги Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. М., Пожнаука, 2001)

№ п/п	Краткая характеристика конструкции	Размеры, см	Предел огнестойкости, мин.
-------	------------------------------------	-------------	----------------------------

1	Стальные балки, прогоны, ригели и статически определимые фермы, при опирании плит и настилов по верхнему поясу, а также колонны и стойки без огнезащиты с приведенной толщиной металла $t_{red}$ указанной в столбце 3	$t_{red}=0,3$ 0,5 1,0 1,5 2,0 3,0	R 7,2 R 9 R 15 R 18 R 21 R 27
2	Стальные балки, прогоны, ригели и статически определимые фермы при опирании плит и настилов на нижние пояса и полки конструкции с толщиной металла $t$ нижнего пояса, указанной в столбце 3	$t=0,5$ 1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 4,0	R 18 R 21 R 27 R 30 R 33 R 36 R 42
3	Стальные балки перекрытий и конструкций лестниц при огнезащите по сетке слоем бетона или штукатурки, толщиной $a$	$a=1$ 2 3	R 45 R 90 R 150

Фактический предел огнестойкости колонн составит 9 минут

## Заключение

Здания складов №1 и № 2 находятся на территории складского комплекса.

Степень огнестойкости – IV

Класс конструктивной пожарной опасности – С0

Для зданий IV степени огнестойкости предел огнестойкости строительных конструкций должен составлять R 15.

В расчетах учитывалась снеговая нагрузка на покрытие для климатической зоны расположения зданий.

По результатам расчетов, фактические пределы огнестойкости конструкций составляют:

### Склад № 1

П<sub>ф</sub> балок в осях 1-5, Б-Е равен R 17

П<sub>ф</sub> балок в осях Ж 1-5, А 1-5 равен R 8,7

П<sub>ф</sub> прогонов крепления покрытия равен R 9,7

П<sub>ф</sub> прямоугольных колонн равен R 9

### Склад № 2

П<sub>ф</sub> двутавровых балок в осях А-Б, В-Г равен R 11,9

П<sub>ф</sub> двутавровых балок в осях Б-В равен R 17,6

П<sub>ф</sub> крайнего прогона в осях А, 1-7 равен R 9,7

П<sub>ф</sub> прогонов в осях А-Б 1-7., В-Г 1-7 равен R 9,2

П<sub>ф</sub> прогонов в осях Б-В 1-6 R 14,5

П<sub>ф</sub> двутавровых колонн равен R 13,4

## Литература

1. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
2. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
3. Федеральный закон от 22.06.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
4. ГОСТ 12.1.004-91\* ССБТ. «Пожарная безопасность. Общие требования».
5. СВОД ПРАВИЛ 2.13130.2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты».
6. СВОД ПРАВИЛ 4.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям».
7. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. М., Пожнаука, 2001
8. Мосалков И.Л. Огнестойкость строительных конструкций. М., Спецтехника, 2001