



Рис. 1: Схема поперечной рамы однопролетного здания

#### Исходные данные

Прокатный цех однопролетный, пролетом 30 м, оборудован двумя мостовыми кранами грузоподъемностью  $Q = 32/5$  т тяжелого режима работы. Группа режима 8К. Длина здания 120 м, отметка головок рельса 9,4 м. Здание отапливаемое.

Выбрана система с шагом поперечных рам 6 м, с жестким сопряжением ригеля с колонной. Схема поперечной рамы показана на рис.1

Вертикальные размеры:

$$H_2 \geq (H_k + 100) + f = 2750 + 100 + 350 = 3200 \text{ мм};$$

Принимаем  $H_2 = 3200$  мм:

$$H_0 = H_1 + H_2 = 9200 + 3200 = 12400 \text{ мм}.$$

При высоте подкрановой балки с рельсом, равной  $1/8$  ее пролета,  $H_b = (h_6 + h_p) + H_2 = 600 + 200 + 3200 = 4000$  мм. При заглублении базы колонны на 600 мм ниже пола  $H_n = H_0 - H_b + 600 = 12400 - 4000 + 600 = 9000$  мм. Полная высота колонн  $H = H_b + H_n = 13000$  мм;  $H_\phi = 3150$  мм.

Горизонтальные размеры назначаются следующим образом. В верхней части колонн устраивается проход для осмотра крановых путей, привязка  $a = 500$  мм, высота сечения верхней части колонны  $h_b = 700 > H_b/12 = 4000/12 = 333$  мм. В пределах высоты фермы высоту сечения колонны назначаем  $h_b = 700$  мм;  $l_1 \geq B_1 + (H_b - a) + 75 = 300 + (700 - 500) + 75 + 450 = 1025$  мм. Назначаем  $l_1 = 1250$  мм (кратно 250 мм);  $h_n = l_1 + a = 1250 + 500 = 1750$  мм. Пролет мостового крана  $L_k = l - 2l_1 = 30000 - 2 \cdot 1250 = 27500$  мм.

Сечение верхней части колонны назначаем сплошностенчатым двутавровым, нижней — сквозным.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
					Лист				

А. Расчетная схема рамы.

$$e_0 = 0.5(h_H - h_B) = 0.5 \cdot (1750 - 700) = 0.525 \text{ m.}$$

Б. Нагрузки на поперечную раму.

Постоянная нагрузка. Нагрузка на 1 м<sup>2</sup> кровли определяем по [1, табл. 17.3]. Расчет нагрузки в табл. 1.

Таблица 1: Постоянная нагрузка от покрытия

Состав покрытия	Нормативная нагрузка, кН/м <sup>2</sup>	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка, кН/м <sup>2</sup>
Мембрана LOGICROOF V-RP	0.02	1.3	0.026
Мин. ватный утеплитель Техноруп В60	0.08	1.2	0.096
Мин. ватный утеплитель Техноруп Н30	0.09	1.2	0.108
Пароизоляция	0.03	1.3	0.039
Профилированный настил НС35-1000-0.55	0.06	1.05	0.063
Собственный вес металлических конструкций	0.3	1.05	0.315
	$q^H = 0.58$		$q^P = 0.65$

$$q_g = g_{kp} b_{\phi} / \cos \alpha = 0.65 \cdot 6 / 1 = 3.9 \text{ кН/м.}$$

Расчетный вес колонны. По [1, табл. 12.1] принято  $0.3 \text{ кН/м}^2$ . Вес верхней части (20% веса)  $G_B = 1.05 \cdot 0.2 \cdot 0.3 \cdot 6 \cdot 15 = 5.67 \text{ кН}$ ; вес нижней части (80% веса)  $G_H = 1.05 \cdot 0.8 \cdot 0.3 \cdot 6 \cdot 15 = 22.68 \text{ кН}$ .

Приняты самонесущие панели.

Снеговая нагрузка. Вес снегового покрова  $S_0 = 1.5$  кПа. Коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_s = 1.4$ . Линейная распределенная нагрузка от снега на ригель рамы равна

$$q_s = \gamma_s S_0 b \phi = 1.4 \cdot 1.5 \cdot 6 = 12.6 \text{ kH/M.}$$

Вертикальные усилия от мостовых кранов см. на рис. Базу крана (5.1 м), расстояние между колесами двух кранов (1.2 м), а также нормативное усилие колеса (345 кН) находим по [1, прил. 1].

$$D_{max} = \gamma F \psi \Sigma F_k^n y + \gamma_q G_{\pi\phi} = 1.1 \cdot 0.95 \cdot 345 \cdot 1.9 + 1.05 \cdot 22.5 = 685 + 24 = 709 \text{ kH};$$

(вес подкрановой балки по [1, табл. 12.1]  $G_{пб} = 0.25 \cdot 6 \cdot 15 = 22.5$  кН)

$$F'_k = (Q + G_{kp})/n_0 - F_k^n = (314 + 608)/2 - 345 = 116 \text{ kH};$$

$$D_{min} = 685 \cdot 116/345 + 24 = 254 \text{ kH.}$$

Сосредоточенные моменты от вертикальных сил  $D_{max}$ ,  $D_{min}$  определяем по формуле

$$e_k = 0.5_H = 0.5 \cdot 1.75 = 0.875 \text{ M}; M_{max} = e_k D_{max} = 0.875 \cdot 709 = 620 \text{ kHm};$$

$$M_{min} = 0.875 \cdot 254 = 222 \text{ кНм.}$$

Горизонтальную силу от мостовых кранов находим по формулам

$$T_k^n = 0.05(Q + G_T)/n_0 = 0.05(314 + 85)/2 = 10 \text{ kH};$$

$$T = \gamma F \psi \Sigma T_k^n y = 1.1 \cdot 0.95 \cdot 10 \cdot 1.9 = 20 \text{ kH}$$

Считаем что сила  $T$  приложена в уровне уступа колонны.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	<p>Расчетный вес колонны. По [1, табл. 12.1] принято <math>0.3 \text{ кН/м}^2</math>. Вес верхней части (20% веса) <math>G_B = 1.05 \cdot 0.2 \cdot 0.3 \cdot 6 \cdot 15 = 5.67 \text{ кН}</math>; вес нижней части (80% веса) <math>G_H = 1.05 \cdot 0.8 \cdot 0.3 \cdot 6 \cdot 15 = 22.68 \text{ кН}</math>.</p> <p>Приняты самонесущие панели.</p> <p>Снеговая нагрузка. Вес снегового покрова <math>S_0 = 1.5 \text{ кПа}</math>. Коэффициент надежности по нагрузке <math>\gamma_s = 1.4</math>. Линейная распределенная нагрузка от снега на ригель рамы равна</p> $q_s = \gamma_s S_0 b \phi = 1.4 \cdot 1.5 \cdot 6 = 12.6 \text{ кН/м}.$ <p>Опорная реакция ригеля <math>F_R = 12.6 \cdot 30/2 = 189 \text{ кН}</math>.</p> <p>Вертикальные усилия от мостовых кранов см. на рис. Базу крана (5.1 м), расстояние между колесами двух кранов (1.2 м), а также нормативное усилие колеса (345 кН) находим по [1, прил. 1].</p> $D_{max} = \gamma F \psi \Sigma F_k^n y + \gamma_g G_{пб} = 1.1 \cdot 0.95 \cdot 345 \cdot 1.9 + 1.05 \cdot 22.5 = 685 + 24 = 709 \text{ кН};$ <p>(вес подкрановой балки по [1, табл. 12.1] <math>G_{пб} = 0.25 \cdot 6 \cdot 15 = 22.5 \text{ кН}</math>)</p> $F'_k = (Q + G_{кр})/n_0 - F_k^n = (314 + 608)/2 - 345 = 116 \text{ кН};$ $D_{min} = 685 \cdot 116/345 + 24 = 254 \text{ кН}.$ <p>Сосредоточенные моменты от вертикальных сил <math>D_{max}</math>, <math>D_{min}</math> определяем по формуле</p> $e_k = 0.5_n = 0.5 \cdot 1.75 = 0.875 \text{ м}; M_{max} = e_k D_{max} = 0.875 \cdot 709 = 620 \text{ кНм};$ $M_{min} = 0.875 \cdot 254 = 222 \text{ кНм}.$ <p>Горизонтальную силу от мостовых кранов находим по формулам</p> $T_k^n = 0.05(Q + G_T)/n_0 = 0.05(314 + 85)/2 = 10 \text{ кН};$ $T = \gamma F \psi \Sigma T_k^n y = 1.1 \cdot 0.95 \cdot 10 \cdot 1.9 = 20 \text{ кН}$ <p>Считаем что сила <math>T</math> приложена в уровне уступа колонны.</p>
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
					Лист

[illegible]

В. Статический расчет поперечной рамы. Расчет на постоянные нагрузки. Основная система приведена на рис., а схема нагрузки — на рис. Сосредоточенный момент из-за смещения осей верхней и нижней частей колонны

$$M = -(F_R + F_1)e_0 = -(58.5 + 5.67)0.525 = -33.7 \text{ кНм.}$$

По [1, табл. 12.4] находим параметры  $n = 1/7 = 0.14 \approx 0.15$ ;

$$\alpha = H_B/H = 4/13 = 0.3.$$

Каноническое уравнение имеет вид

$$r_{11}\varphi + r_{1p} = 0.$$

Моменты от поворота узлов на угол  $\varphi = 1$  равны:

$$M_A = k_A i = 0.795 i; M_C = k_C i = -0.341 i; M_B = k_B i = -0.827 i;$$

$$M_B^p = 2EI_p/l = 2E4I_H H/LH = 8iH/l = 8 \cdot 13i/30 = 3.47i.$$

Моменты от нагрузки на стойках  $M_p$  равны:

$$M_A = k_A M = 0.344 \cdot (-33.7) = -11.6 \text{ кНм};$$

$$M_B = k_B M = -0.159 \cdot (-33.7) = 5.4 \text{ кНм};$$

$$M_C^H = k_A M = -0.708 \cdot (-33.7) = 23.9 \text{ кНм};$$

$$M_C^B = (k_C + 1)M = (-0.708 + 1) \cdot (-33.7) = -9.8 \text{ кНм.}$$

Моменты на опорах ригеля (зашемляемая балка постоянного по длине сечения)  $M_B^p = -q_g l^2/12 = -3.9 \cdot 30^2/12 = -293 \text{ кНм.}$

Определение  $r_{11}$  и  $r_{1p}$ :

$$r_{11} = M_B + M_B^p = 0.827 i + 3.47 i = 4.3 i \text{ (по эпюре } M_1 \text{);}$$

$$r_{1p} = M_B + M_B^p = -5.4 - 293 = -298 \text{ (по эпюре } M_p \text{).}$$

Угол поворота  $\varphi = -r_{1p}/r_{11} = -298/4.3 i = 69.3/i$ .

Моменты от фактического угла поворота ( $M_1 \varphi$ ) равны:

$$M_A = 0.795 i \cdot 69.3/i = 55.1 \text{ кНм}; M_B = -0.827 i \cdot 69.3/i = -57.3 \text{ кНм};$$

$$M_C = -0.341 i \cdot 69.3/i = -23.6 \text{ кНм}; M_B^p = 3.47 i \cdot 69.3/i = 240.5 \text{ кНм.}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата				Лист
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
	Подп. дата				
<div><math>r_{1p} = M_B + M_B^p = -5.4 - 293 = -298</math> (по эпюре <math>M_p</math>).</div> <div>Угол поворота <math>\varphi = -r_{1p}/r_{11} = -298/4.3i = 69.3/i</math>.</div> <div>Моменты от фактического угла поворота (<math>M_1\varphi</math>) равны:</div> <div><math>M_A = 0.795i \cdot 69.3/i = 55.1 \text{ кНм}; M_B = -0.827i \cdot 69.3/i = -57.3 \text{ кНм};</math></div> <div><math>M_C = -0.341i \cdot 69.3/i = -23.6 \text{ кНм}; M_B^p = 3.47i \cdot 69.3/i = 240.5 \text{ кНм}.</math></div>					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

Список литературы

[1] Металлические конструкции: Общий курс: Учеб. для вузов / Г.С. Ведеников; Под ред. Г.С. Веденикова. — 7-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1998. — 760 с.: ил.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
				Лист