

Конструкция напольного козлового крана состоит из стандартной электротали 1 передвигающейся по ригелю 2 в форме двутавра. Ригель опирается на балки 5 стоек опор 4. Опоры крепятся к тележкам 8 передвигающимися по рельсовым путям, уложенным по полу вдоль стен цеха. Для создания жесткости ригель (двутавр) дополнительно оснащен решетчатой конструкцией, имеются продольные балки 3, раскосы 6 и упоры 7. База тележки L_6 и конструкция опор позволяют максимально использовать площадь цеха.

Список использованных источников

1. Абрамович, И.И. Грузоподъемные краны промышленных предприятий: Справочник / И.И. Абрамович, В.Н. Березин, А.Г. Яуре – М.: Машиностроение, 1989. – 360 с.
2. Богорад, А.А. Грузоподъемные машины и транспортные машины: Учебник для техникумов / А.А. Богорад – М.: Металлургия, 1989. – 416 с.

УДК 621.86

К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ОСНАСТКИ НАПОЛЬНОГО КОЗЛОВОГО КРАНА

*Студенты – Матвеев А.П., 57мпт, 3 курс, АМФ;
Леоненко Н.С., 57мпт, 3 курс, АМФ;
Елисеенко А.А., 27 тс, 4 курс, ФТС*

*Научный руководитель – Оскирко А.И., ст. преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

В зависимости от требуемой грузоподъемности Q напольный козловой кран оборудуется стандартной электроталью с требуемой высотой подъема груза H , скоростью подъема груза $v_{гр}$ и скоростью передвижения v_r . Пролет крана L принимается в соответствии с размерами помещения. Ходовые тележки следует использовать от мостовых кранов. Две ходовые тележки (по одной с каждой стороны крана) – приводные для передвижения крана вдоль рельсового пути. Скорости передвижения тали и крана следует принимать по возможности минимальными с целью уменьшения

динамических нагрузок на конструкцию крана. С учетом массы груза и времени использования механизмов при расчетах режим работы следует принимать легким (4М). Масса используемых элементов крана (электротельфер, тележки) принимаются из справочных данных, массы конструкций – расчетным путем.

Расчет пролетной балки

а) Расчет пролетной балки в вертикальной плоскости.

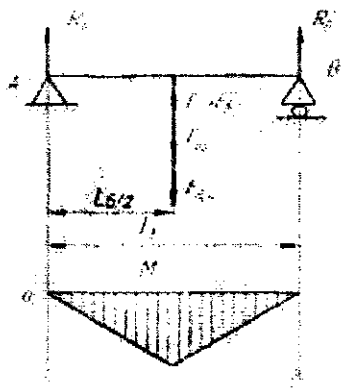


Рисунок 1 – Схема к расчёту балки в вертикальной плоскости

На балку действуют статические силы от веса балки, тельфера, груза и динамическая сила от груза. Максимальный изгибающий момент будет действовать когда груз расположен по середине пролетной балки. Расчет проведем без учета действия расколов балки.

$$\sigma_{из} = M_{из} / W_{из} \leq [\sigma_{из}],$$

где $M_{из} = 0,25L \cdot (F_T + F_{г.} + F_{тр} + F_{дин})$, Н·м

$$F_{дин} = K_{дин} \cdot F_{г.}, \text{ Н}$$

$K_{дин}$ – динамический коэффициент,

$W_{из}$ – момент сопротивления

изгибу сечения.

Тогда $\sigma_{из} = M_{из} / W_{из}$, МПа

б) Расчет пролетной балки в горизонтальной плоскости.

При горизонтальном движении крана возникают динамические горизонтальные нагрузки. Согласно методике расчета (стр. 224 [1]) при расчете динамических нагрузок достаточно учесть сосредоточенные нагрузки от массы элементов каждый из опор включая ходовые части и стяжки $F_{д.0.1}$ и $F_{д.0.2}$, распределенную нагрузку от массы балки g_6 и нагрузку от массы груза и тельфера $F_{д.г.}$. Следует так же учитывать динамическую нагрузку перекоса $F_{д.т.}$, возникающую при замыкании тормозов механизма передвижения крана.

При пуске и торможении механизма передвижения крана на элементы несущей конструкции крана действуют динамические горизонтальные нагрузки

$$F_{Т.д} = 0,10 \cdot G_i \cdot a,$$

где a — расчетное пусковое ускорение (замедление);

G_i — вес элемента конструкции.

Динамическая нагрузка от массы груза, подвешенного на канате:

$$F_{д.п} = 0,10 \cdot G_{гр} \cdot a$$

Для обеспечения жесткости крана (балки) в горизонтальной плоскости в конструкции предусмотрены поперечные балки 1 соединенные раскосами 2 с опорами.

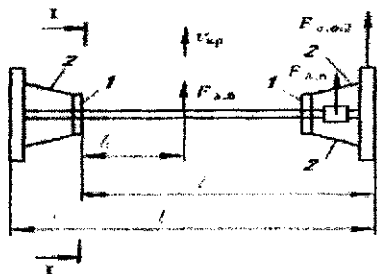


Рисунок 2 — Схема к расчету балки в горизонтальной плоскости.

1 — поперечина балки; 2 — раскос

Так как конструкция балки имеет усилители жесткости от перекосов, то динамическую нагрузку перекоса $F_{д.т}$, возникающую при разгоне или неравномерном замыкании тормозов механизма передвижения крана учитывать при расчете балки не будем.

По нормам Госпромнадзора при числе приводных колес, равном половине общего числа ходовых колес, и при $\varphi_{сн} = 0,12$ максимально допускаемый тормозной путь равен:

$$S_T = \frac{V_{кр}^2}{L_T}, \text{ м.}$$

Тогда время торможения составит:

$$t_T = S_T / v_{кр}, \text{ с}$$

Максимальное замедление:

$$a = v_{кр} / t_T, \text{ м/с}^2$$

По правилам Госпромнадзора максимального допустимое замедление $[a] \leq 1 \text{ м/с}^2$.

Тогда максимальные динамические нагрузки:

$$F_{д.л} = 0,15 \cdot G_T \cdot a; F_{д.гр} = 0,1 \cdot G_{гр} \cdot a; F_{д.б} = 0,15 \cdot G_б \cdot a, \text{ Н.}$$

В опасном сечении балки (сечение I-I) в горизонтальной плоскости могут возникнуть напряжения:

$$\sigma_{из} = \frac{M_{из}}{W_{из}} = \frac{(F_{д.он} + F_{д.л} + F_{д.гр})l + F_{д.б}l_1}{W_{из}}, \text{ МПа.}$$

Суммарные напряжения изгиба:

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma_{из} + \sigma_{сж} < [\sigma]_{из}, \text{ МПа.}$$

Расчет поперечной балки

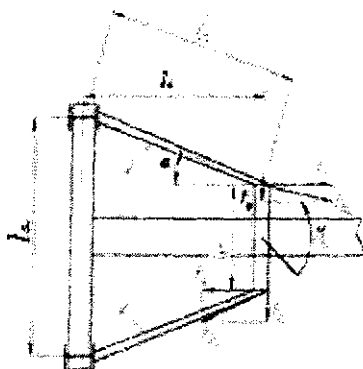


Рисунок 3 – Схема к расчету балки 1 в горизонтальной плоскости
1 – балка поперечная; 2 – раскос.

В месте установки поперечной балки 1 со стороны пролетной балки действует изгибающий момент $M_{из}$. Этот момент воспринимается равномерно раскосами 2, которые передают данную нагрузку опорами крана.

$$M_{из} = F_{x_1} \frac{l_б}{2} + F_{x_2} \frac{l_б}{2} = F_{x_1} l_б;$$

тогда:

$$F_{x_1} = \frac{M_{из}}{l_б}, \text{ Н}$$

$$F_{1гр} = \frac{F_{x_1}}{\cos \alpha}, \text{ Н, } F_{y_1} = F_{x_1} \cdot \operatorname{tg} \alpha, \text{ Н.}$$

где α – угол установки раскоса (определяется конструктивно).

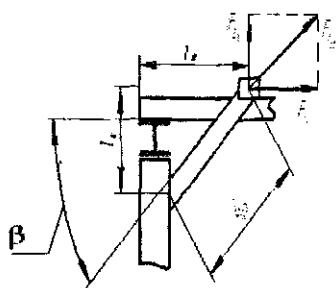
Балка испытывает напряжения изгиба в двух плоскостях и напряжения сжатия (растяжения) в горизонтальной плоскости:

$$\sigma_{из} = \frac{M_{из}}{W_{из}} = \frac{F_x \frac{l_б}{2}}{W_{из}}, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{сж} = \frac{F_{y1}}{A};$$

$$W_{из} = W_{из} = (a_{н}^4 - a_{вн}^4) / 6 a_{н}, \text{ мм}^3,$$

$$A = a_{н}^2 - a_{вн}^2, \text{ мм}^2.$$



При $\beta = 45^\circ$;

$$F_{z_1} = F_{x_1}, \text{ Н}$$

$$\cos \beta = \frac{F_{x_1}}{F_{1рв}};$$

$$F_{1рв} = \frac{F_{x_1}}{\cos \beta}, \text{ Н};$$

Рисунок 4 – Схема к расчету балки в вертикальной плоскости

$$\sigma_{\nu_x} = \frac{F_x l_{\sigma}}{2W_{из}}, \text{ МПа}$$

где $W_{из}$ и $W_{из}$ – момент сопротивления сечения квадратной трубы в плоскостях горизонтальной и вертикальной.

Суммарные напряжения в поперечной балке составят:

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma_{из} + \sigma_{из} + \sigma_{ск} < [\sigma], \text{ МПа.}$$

Расчет раскосов 2 (рисунок 2).

Со стороны поперечной балки на раскос действует центральная сила:

$$F_p = \sqrt{F_{1пр}^2 + F_{1рв}^2}, \text{ Н.}$$

Из рисунков 3 и 4 определим длину раскоса.

Длина раскоса в горизонтальной плоскости (рисунок 3)

$$l_{пр} = \frac{l_x}{\cos \alpha} \text{ мм.}$$

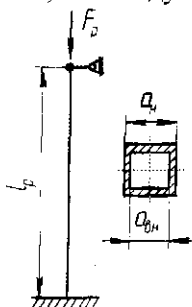
Длина раскоса в вертикальной плоскости (рисунок 4)

$$l_{рв} = \frac{l_{в}}{\cos \beta} \text{ мм.}$$

Тогда длина раскоса составит:

$$l_p = \frac{l_{рв}}{\cos \alpha} = \frac{l_{пр}}{\cos \beta} \text{ мм.}$$

Раскос при работе сжимается силой F_p и ввиду значительной длины, его следует проверить на устойчивость.



Напряжение сжатия в поперечном сечении раскоса:

$$\sigma_{сж} = F_p / A, \text{ МПа } \square [\sigma_{сж}],$$

$$\text{где } A = a_n^2 - a_{вн}^2, \text{ мм}^2.$$

Определим критическую силу сжатия используя формулу Эйлера:

$$F_{кр} = \pi^2 E I_{min} / (\mu l_p), \text{ кН } \square F_p$$

где $E = 2 \cdot 10^5$ МПа – модуль упругости (модуль Юнга) для стали;

I_{min} – минимальный момент инерции сечения,

$$I_{min} = (a_n^4 - a_{вн}^4) / 12, \text{ см}^4.$$

$\mu = 0,7$ – коэффициент приведения длины, зависящий от способа нагружения и закрепления концов стержня.

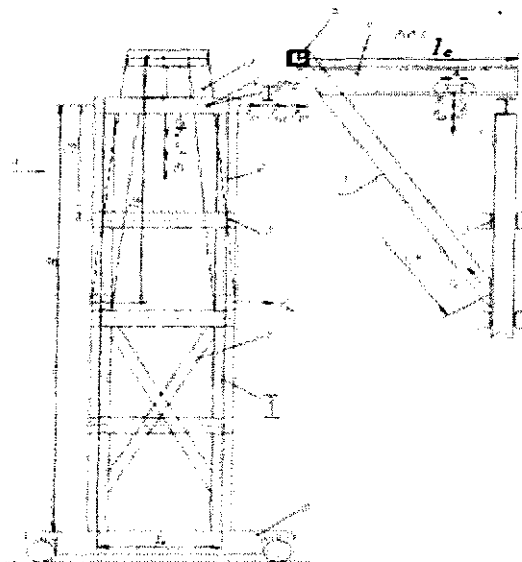


Рисунок 5 – Опора крана:

- 1 – раскос; 2 – стойка опоры; 3 – поперечина; 4 – балка опоры;
5 – балка продольная; 6 – балка поперечная; 7 – упоры; 8 – тележка

Расчёт балки опоры

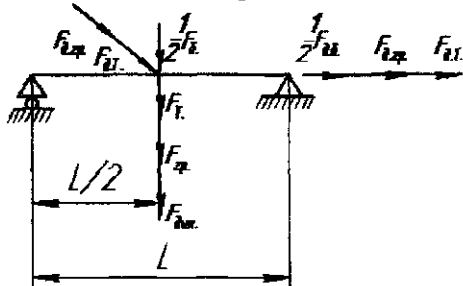


Рисунок 7 – Расчетная схема балки опоры

На балку опоры в вертикальной плоскости по центру действуют статические силы от половины веса балки ($0,5F_6$), от веса тельфера (F_T), веса груза ($F_{гр}$), а также динамической сила груза ($F_{дин}$).

Значения этих сил нам известно. В горизонтальной плоскости в этом сечении балки опоры прилагаются динамические силы от резкого торможения тельфера ($F'_{д.гр}$ и $F'_{д.т}$). Со стороны пролётной балки на балку опоры будут действовать динамические силы ($0,5F_{д.б}$, $F_{д.гр}$, $F_{д.т}$), возникающие при резком торможении механизма передвижения крана. Значения этих сил мы знаем.

По аналогии расчёта максимального замедления при остановке крана, определим максимально возможное замедление при остановке тельфера.

Тормозной путь равен: $S_T = v_T^2 / 3250$, м.

Время остановки составит: $t_T = S_T / v_T$, с.

Максимальное замедление: $a = v_T / t_T$, $\text{М}/\text{с}^2$.

Тогда $F'_{д.гр} = 0,1 G_{гр} \cdot a$, Н;

$F'_{д.т} = 0,15 G_T \cdot a$, Н.

Напряжения изгиба балки опоры в вертикальной плоскости:

$$\sigma_{из} = M_{из} / W_{из} = (0,5F_6 + F_T + F_{гр} + F_{дин}) \cdot L / W_{из} \cdot 4, \text{ МПа}$$

где $W_{из}$, см^3 – момент сопротивления изгиба относительно оси Z;

J_Z – момент инерции двутавра относительно оси Z;

$W_{из}$, см^3 момент сопротивления изгиба двутавра относительно оси y;

$J_y, \text{см}^4$ – момент инерции двутавра относительно оси y ;

Напряжение изгиба балки опоры в горизонтальной плоскости: $\sigma_{из} = M_{из} / W_{из} = (F'_{д.гр} + F'_{д.т})L / W_{из} \cdot 4, \text{МПа}$.

Напряжение от сжатия участка балки опоры:

$$\sigma_{сж} = F_{сж} / A = 0,5 F_{д.б} + F_{д.гр} + F_{д.т} / A, \text{МПа},$$

где A – площадь поперечного сечения двутавра.

Суммарные напряжения в опасном сечении балки опоры составят: $\sigma = \sigma_{из} + \sigma_{из} + \sigma_{сж}, \text{МПа} < [\sigma]_{из}$.

Расчёт стойки опоры

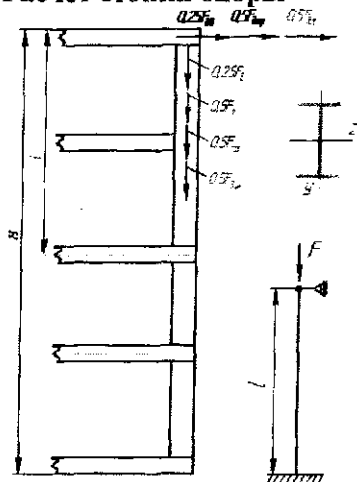


Рисунок 8 – Расчетная схема стойки опоры

Опора состоит из двух стоек, установленных на тележку передвижения крана жёстко. Для создания жёсткости имеются поперечина 3 и балки опоры 4 (рисунок 5). Считаем, что нагрузка распределена между опорами равномерно. Для простоты расчёта наличие поперечин и балки опоры не учитываем.

Напряжения сжатия в стойке:

$$\sigma_{сж} = 0,25F_6 + 0,5F_T + 0,5F_{гр} + 0,5F_{д.т} / A, \text{МПа},$$

Со стороны раскоса 1 (рисунок 5) на стойку опоры действует сила F_p . Горизонтальная составляющая от этой силы, изгибающая стойку относительно оси z составит:

$$F = F_p \sin 45^\circ, \text{Н}$$

Напряжение в стойке в месте крепления её к тележке:

$$\sigma_{из} = M_{из} / W_{из}, \text{МПа}$$

Суммарное напряжение в этом сечении составят:

$$\sigma = \sigma + \sigma_{из}, \text{ МПа} < [\sigma]$$

Напряжение по середине стойки составят:

$$\sigma_{из} = M_{из} / W_{из} = (0,25F_{дб} + 0,5F_{дт}) \cdot l_1 / W_{из}, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{из} = M_{из} / W_{из} = 0,5F \cdot l_1 / W_{из}, \text{ МПа.}$$

Тогда суммарное напряжение на середине стойки составят:

$$\sigma = \sigma_{из} + \sigma_{из} + \sigma_{сж}, \text{ МПа} < [\sigma]$$

Критическая сила для стойки опоры относительно оси:

$$F_{кр} = \pi^2 EI_{мин} / (\mu l)^2, \text{ Н} > F.$$

Критическая сила для стойки опоры относительно оси

$$F_{кр} = \pi^2 EJ_{мин z} / (\mu l)^2, \text{ Н} > F$$

Проверка устойчивости крана

Коэффициент собственной устойчивости определяем как отношение суммы моментов, восстанавливающих устойчивость крана, к сумме моментов, опрокидывающих его относительно точки опрокидывания (точки А).

Устойчивость крана будет обеспечена при условии:

$$K_{y2} = M_{вост} / M_{опр} \geq [K_{y2}]; [K_{y2}] = 1,15$$

$$M_{вост} = (0,5F_6 + F_T + F_{гр}) \cdot 0,5L_6, \text{ Нм};$$

$$M_{опр} = (F_{дг} + F_{дт} + 0,5F_{дб})H + F_{доп} \cdot 0,5H, \text{ Нм};$$

При остановке крана без груза:

$$M'_{вост} = (0,5F_6 + F_T) \cdot 0,5L_6, \text{ Нм.}$$

$$M_{опр} = (F_{дт} + 0,5F_{дб})H + F_{доп} \cdot 0,5H, \text{ Нм.}$$

$$K_{y2} = M'_{вост} / M_{опр} = [K_{yч}]$$

Список использованных источников

1. Абрамович, И.И. Грузоподъемные краны промышленных предприятий: Справочник / И.И. Абрамович, В.Н. Березин, А.Г. Юрс. – Машиностроение, 1989. – 360 с.

2. Подскребко, М.Д. Сопротивление материалов : учебник / М.Д. Подскребко. – Минск : Выш. шк, 2007. – 797 с.