

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ КОЗЛОВОГО КРАНА

Стрельцов С.В.¹, Рыжиков В.А.¹, Харламов П.В.²

¹Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного политехнического университета им. М.И. Платова (Новочеркасского политехнического института), Шахты, Россия (346500, г. Шахты, пл. Ленина, 1), e-mail: streltcov_s@rambler.ru

²Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия (344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Полка Народного Ополчения, д. 2), e-mail: ucharlamov@yandex.ru

Проведен анализ влияния процесса торможения козлового крана на напряжённое состояние его металлоконструкции. Рассмотрен процесс торможения крана при контакте реборд колес с рельсом. Определены основные условия возникновения контакта и силы, действующие на ходовую часть крана. Представлены расчетные схемы нагрузок при линейном и диагональном расположении приводов. Для определения изменения нагрузок в зависимости от неравномерности тормозных моментов проведено моделирование процесса торможения козлового крана КК-12,5-32. Наиболее напряженными узлами металлоконструкции являются места закрепления опор с крановой балкой. Неравномерность тормозных моментов, при которых напряжения в металлоконструкции не превышают допустимых значений, для кранов с линейным расположением приводов составляет 39,8%, с диагональным – 37,1%.

Ключевые слова: козловой кран; торможение; перекося; нагрузки; напряжение; расчёты на ЭВМ.

INFLUENCE OF THE PROCESS OF BRAKING ON THE STRESS STATE OF GANTRY CRANE METALCONSTRUCTION

Streltcov S.V.¹, Ryzhikov V.A.¹, Kharlamov P.V.²

¹Shakhty Institute (Branch) of South-Russian State Polytechnical University n.a. M.I. Platov, Shakhty, Russia (346500, Shakhty, Lenin sq., 1), e-mail: streltcov_s@rambler.ru

²Rostov State University of Railway Transport, Rostov-on-Don, Russia (344038, Rostov-on-Don, Rostov Regiment of the People's Militia sq., 2), e-mail: ucharlamov@yandex.ru

For analysis of the influence of the braking gantry crane process with skewness on metalconstruction is presented in the process of braking crane in contact of wheelflanges with rail. The main conditions of the influencing on the chassis crane are determined. Calculating schemes of loading in linear and horizontal drive are presented. For determination of the changing loading, depending on braking moments, modeling process of the gantry crane КК-12,5-32 was fulfilled. The most powerful knots of the metalconstructions are the places of the mountings of support with girdercrane. Unstability of braking moments in which the power in metalconstruction doesn't go beyond admitted limits for linear drive is 39,8%, for horizontal is – 37,1%.

Keywords: gantry crane; braking; skewness; power; calculations; PC.

При торможении козлового крана в элементах металлоконструкции возникают нагрузки, обусловленные взаимодействием приводных колес с рельсами. При неравномерном торможении, вызванном разностью тормозных моментов тормозов на приводных колесах, происходит поворот крана вокруг своей оси. Причиной неравномерного торможения может стать одна из следующих причин: непостоянство результирующей силы нормального давления тормозных колодок на тормозной шкив, наличие загрязняющих веществ в тормозных колодках, несвоевременность приложения тормозного момента и др. При повороте крана возникает контакт реборды кранового колеса с рельсом. Это вызывает появление дополнительных нагрузок от перекося опор металлоконструкции, которые вызывают дополнительные напряжения в его элементах. В некоторых случаях эти

напряжения могут превысить допустимые, что может привести к снижению надежности грузоподъемных машин.

Целью исследования является определение предельных значений неравномерности тормозных усилий механизма передвижения крана с учетом допустимых напряжений, возникающих в наиболее нагруженных узлах металлоконструкции.

В работе [4] показаны схемы ограничения перекоса крана при касании рельса ребрами. Рассмотрим два случая перекоса металлоконструкции крана:

- 1) перекос колес крана с линейным расположением приводов (рис. 1а);
- 2) перекос колес крана с диагональным расположением приводов (рис. 1б).

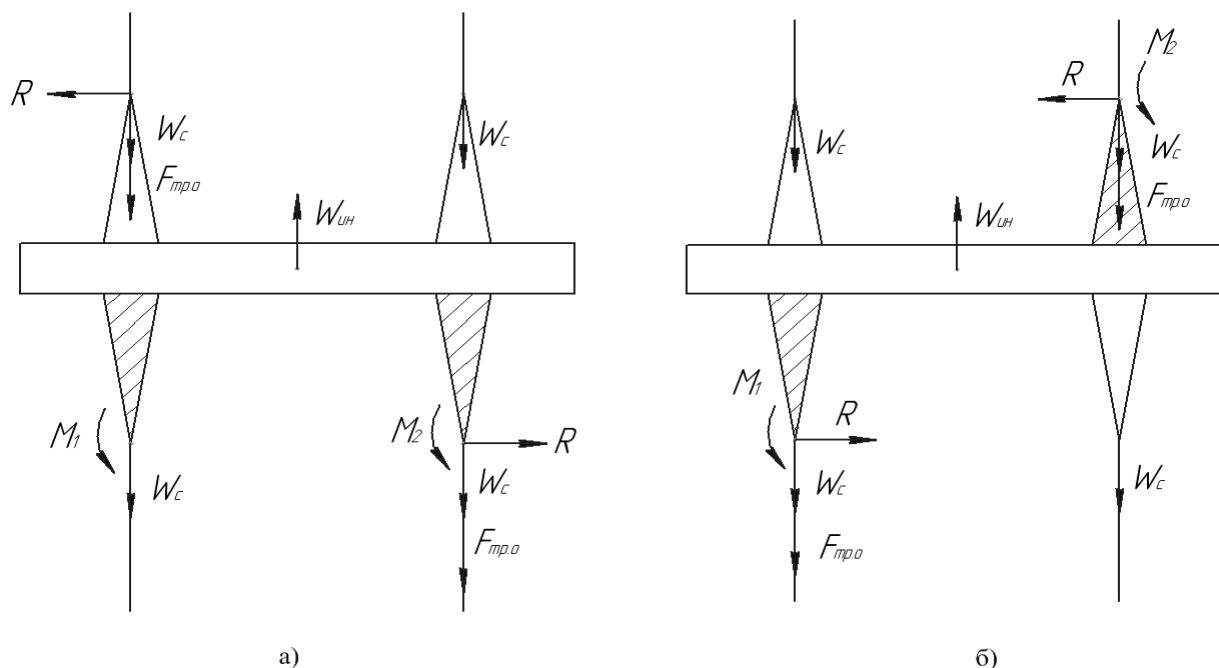


Рис. 1. Расчетная схема нагрузок при перекосе крана

а) – линейное расположение приводов; б) – диагональное расположение приводов.

При торможении крана на его ходовую часть действуют следующие нагрузки:

1) M_1, M_2 – момент, создаваемый тормозом на первом и втором колесе соответственно;

2) $W_{ин}$ – сопротивление торможению от сил инерции:

$$W_{ин} = \frac{(G + G_K) \cdot v_K}{g \cdot t_{торм}}$$

где G – вес транспортируемого груза;

G_K – собственный вес крана или тележки;

v_K – скорость движения крана;

g – ускорение свободного падения;

$t_{\text{торм}}$ – время торможения:

$$t_{\text{торм}} = \frac{v_K}{[a]},$$

$[a]$ – допустимое ускорение при торможении крана;

3) W_C – статическое сопротивление передвижению. Статическое сопротивление передвижению рассчитывается согласно методике, представленной в [1]:

$$W_C = W_{\text{тр}} + W_{\text{кр}} + W_{\text{пер}} \pm W_y,$$

где $W_{\text{тр}}$ – сопротивление от трения в ходовых частях на прямолинейном участке пути; $W_{\text{кр}}$ – сопротивление от трения в ходовых частях на криволинейном участке пути; $W_{\text{пер}}$ – сопротивление движению от перекосов; W_y – сопротивление движению от уклона пути.

Для кранов, работающих на открытом воздухе, следует также учитывать влияние ветровой нагрузки P_v [3].

При перекосе крана возникают дополнительные нагрузки:

1) R – контактные силы. Величина контактной силы, приведенной к колесу крана, составит:

- для крана с линейным расположением приводов:

$$R = (W_A - W_B) \frac{L_K}{4D_K};$$

- для крана с диагональным расположением приводов:

$$R = (W_A - W_B) \frac{\sqrt{L_K^2 + B^2}}{4D_K},$$

где W_A, W_B – тормозные усилия на соответствующей стороне крана.

L_K – пролет крана;

B – база крана;

2) $M_{\text{тр.р.}}$ – момент от сил трения качения в точках контакта реборды и рельса:

$$M_{\text{тр.р.}} = f \cdot R,$$

где f – коэффициент трения качения;

3) $F_{тр.о.}$ – осевая сила трения скольжения. Возникает при скольжении реборды колеса по рельсу:

$$F_{тр.о.} = f_{ск} \cdot R,$$

где $f_{ск}$ – коэффициент трения скольжения.

Для определения изменения нагрузок в зависимости от неравномерности тормозных моментов проведено моделирование процесса торможения козлового крана КК-12,5-32, характеристики которого представлены в табл. 1. Для расчета динамических нагрузок в металлоконструкции крана использовался модуль конечно-элементного анализа, в составе программного продукта MathCad. Данный модуль позволяет проводить анализ напряженно-деформированного состояния трехмерных объектов любой сложности при произвольном закреплении, статическом или динамическом нагружении [2].

Таблица 1

Основные характеристики козлового крана КК-12,5-32

Грузо-подъемность G , т	Вес крана G_K , т	Скорость крана, v_K , м/мин	Пролет крана L_K , м	База крана, B , м	Диаметр ходового колеса, D_K , мм	Диаметр цапфы, $d_{ц}$, мм	Тормозной момент, M_T , Н·м
12,5	40	63	32	8	500	62,5	200

С целью определения наиболее нагруженного узла металлоконструкции при перекосе моделировалась ситуация, когда одна сторона крана тормозится номинальным усилием, а тормозное усилие, возникающее в тормозе другой стороны крана, уменьшается в пределах 0-50%. Из-за неравномерности усилий, приложенных на разных сторонах крана, возникает крутящий момент, который приводит к контакту реборд крановых колес и рельса.

$$M_{кр} = (W_A - W_B) / l,$$

где l – расстояние между приводными колесами крана.

Из-за жесткого закрепления опор крана и крановой балки силы, вызываемые перекосом, приводят к появлению в опорах изгибающих моментов величиной:

$$M_{изг} = \frac{\sum F_K}{h},$$

где ΣF_k – сумма сил, приложенных в точке контакта колеса с рельсом;

h – высота опоры.

Результаты расчётов напряжений в элементах металлоконструкции крана от действия изгибающих и крутящих моментов представлены на рис. 2 и 3. Как видно из рисунков, максимальные изгибающие моменты, а следовательно, и напряжения возникают в местах закрепления опоры с крановой балкой.

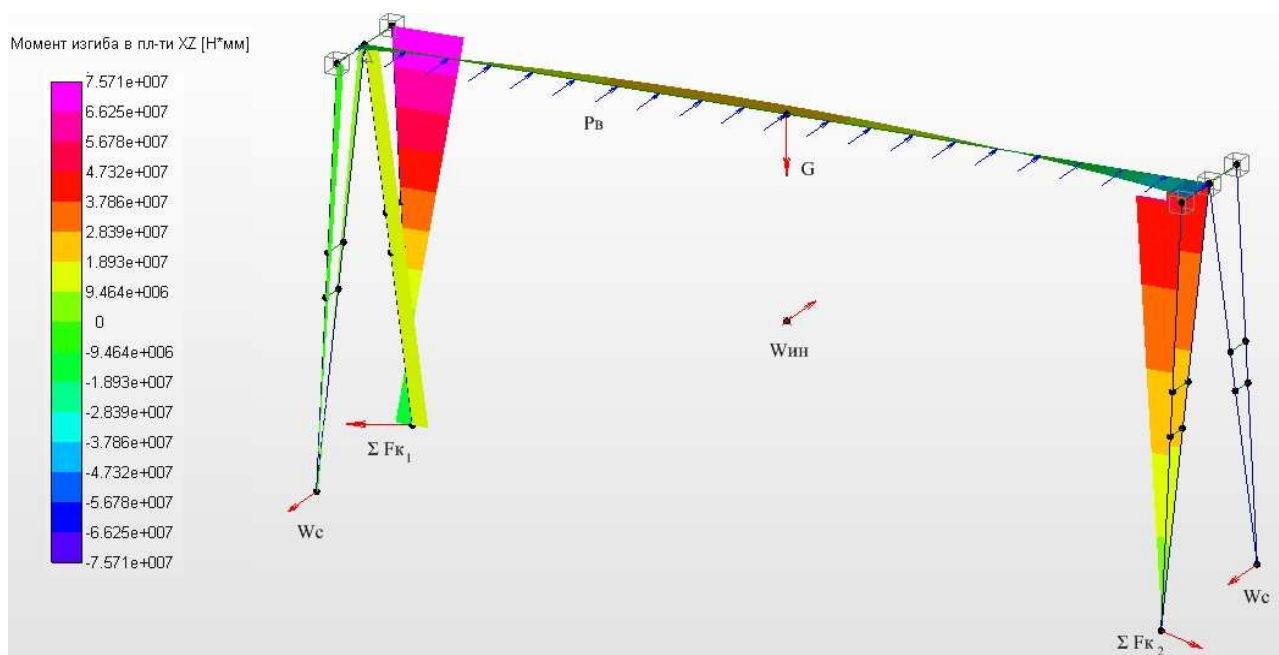


Рис. 2. Распределение напряжений в металлоконструкции при перекосе крана с линейным расположением приводов

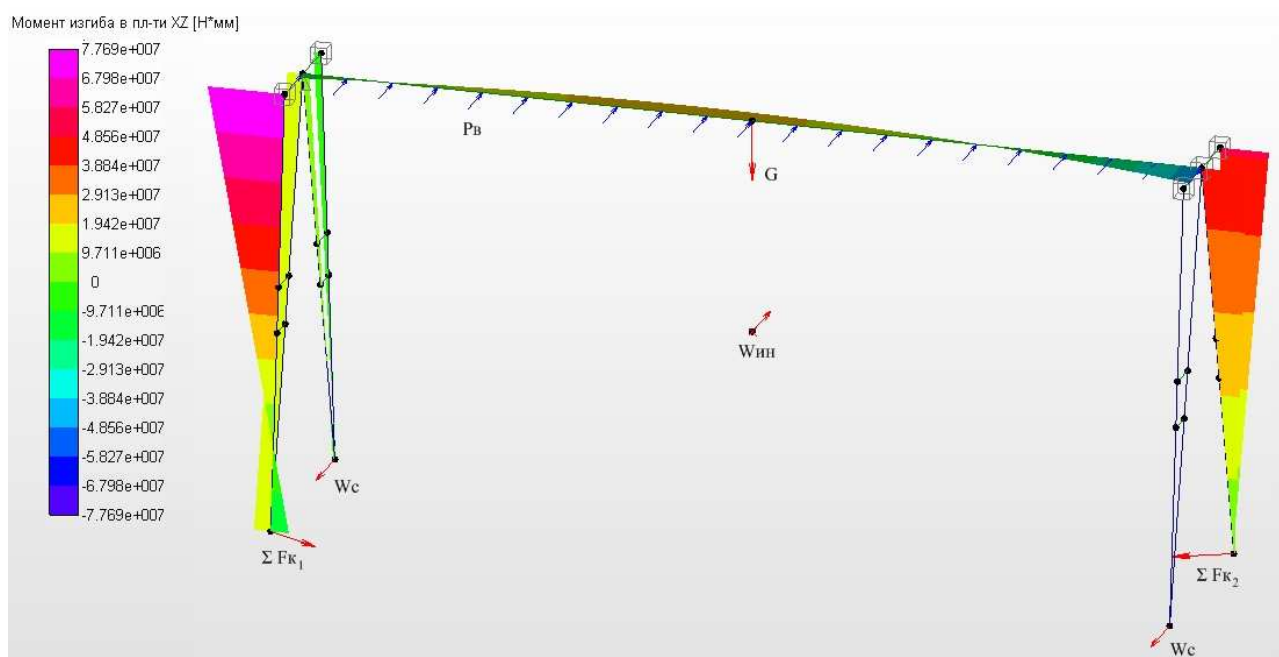


Рис. 3. Распределение напряжений в металлоконструкции при перекосе крана с диагональным расположением приводов

Согласно [5], допускаемые напряжения в металлоконструкции представленного крана не должны превышать 165 Н/мм^2 . Этим допускаемым напряжениям соответствует определённая величина неравномерности тормозных усилий, действующих на металлоконструкцию крана.

Результаты моделирования процесса торможения крана с перекосом, вызванным неравномерностью тормозных моментов (рис. 4), показывают, что более опасным для металлоконструкции является перекос колес крана с диагональным расположением приводов. Неравномерность тормозных моментов при таком перекосе не должна превышать 37,1%. Менее опасным является перекос крана с линейным расположением приводов, который допускает неравномерность тормозных моментов, не превышающую 39,8%.

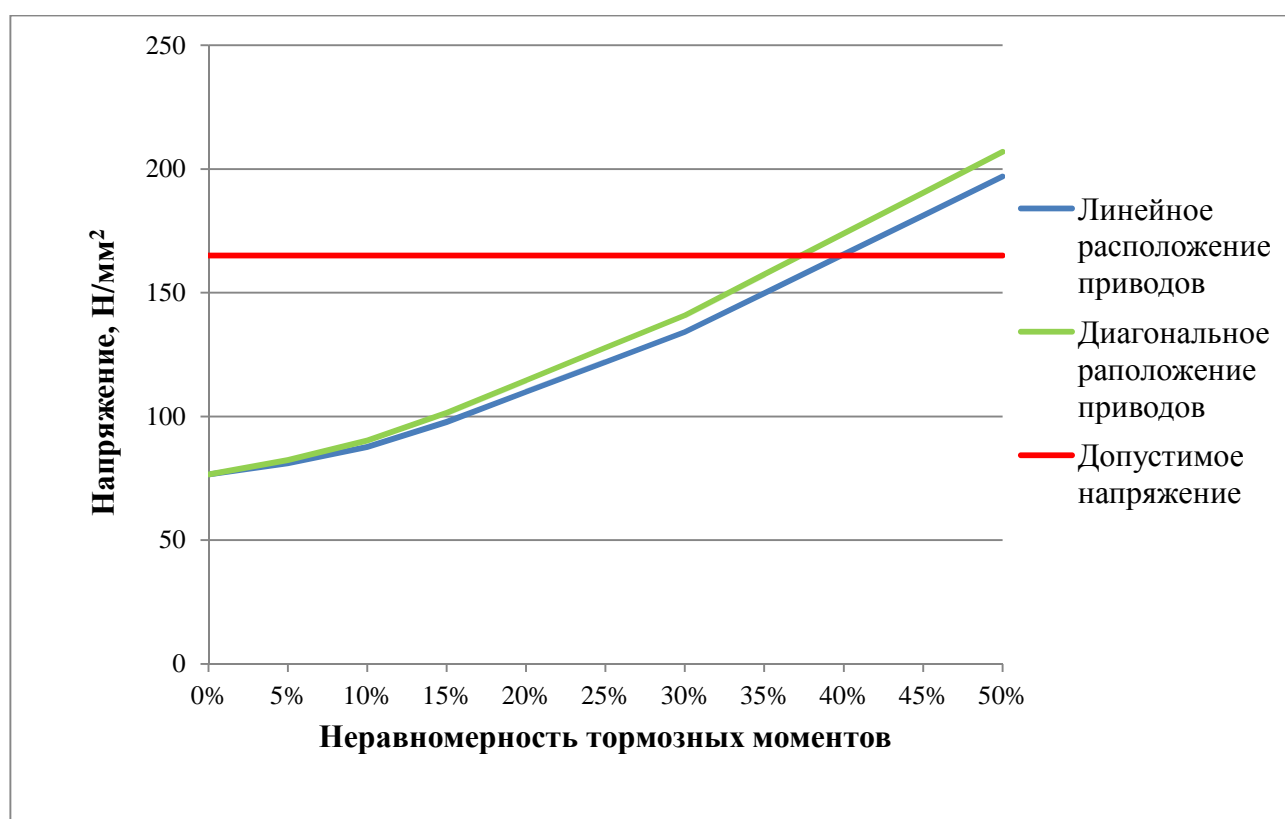


Рис. 4. Изменения напряжения в наиболее нагруженном узле металлоконструкции крана в зависимости от неравномерности тормозных моментов (1 – при перекосе крана с линейным расположением приводов; 2 – при перекосе крана с диагональным расположением приводов)

Выводы

1. В процессе торможения при контакте крановых колес с рельсом наиболее нагруженным будет узел соединения опоры с крановой балкой.
2. При перекосе крана, вызванном неравномерностью тормозных моментов механизма передвижения, наиболее опасным для металлоконструкции является перекос колес крана с диагональным расположением приводов.
3. Допускаемая неравномерность тормозных усилий, при которых наибольшие напряжения в металлоконструкции не превысят допускаемых значений, для крана с линейным расположением приводов составляет 39,8%, с диагональным – 37,1%.

Список литературы

1. Александров М.П. Грузоподъемные машины : учебник для вузов. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – Высшая школа, 2000. – 552 с.
2. Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. Mathcad 12. – М. : НТ Пресс, 2005. – 352 с.
3. Брауде В.И., Гохберг М.М., Звягин И.Е. и др. Справочник по кранам. – М. : Машиностроение, 1988. – Т. 1. - 536 с.
4. Лобов Н.А. Динамика передвижения кранов по рельсовому пути. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 242 с.
5. Слесарев Г.А., Тибанов В.П. Учебное пособие по проектированию и расчету металлоконструкций подъемно-транспортных машин. – М. : МВТУ, 1985. – 32 с.

Рецензенты:

Адигамов К.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Прикладная механика и конструирование машин», Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ, г. Шахты.

Ляшенко Ю.М., д.т.н., профессор кафедры «Технология и комплексы горных, строительных и металлургических производств», Шахтинский институт (филиал) ЮРГПУ (НПИ) имени М.П. Платова, г. Шахты.