

©Швачунов А.С., Дорохов Н.Ю.

ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ, ПРЕДОТВРАЩАЮЩИХ АВАРИИ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ ПРИ ОБРЫВЕ КАНАТА

1. Актуальность

В цехах и на производственных площадках машиностроительных предприятий при эксплуатации мостовых кранов, на протяжении ряда лет, происходят аварии по причине выхода из строя (разрушения) элементов 1-й группы, к которым относятся стальные подъёмные канаты [1]. Аварии мостовых кранов из-за отказов подъёмных канатов приводят к значительным социальным ущербам. В связи с этим возникает необходимость усовершенствования механизмов подъёма кранов мостового типа. Несмотря на то, что вопросам безопасности эксплуатации мостовых кранов постоянно уделяется большое внимание, в частности, нормативными документами по промышленной безопасности предусмотрены периодический осмотр и дефектоскопия подъёмных канатов, остаётся ряд нерешённых проблем. Так, например, нет достаточного теоретического обоснования частоты проведения обследования канатов, ряд дефектов крановых канатов, способных вызвать разрушение, не выявляются в начальный период эксплуатации канатов, практически отсутствуют методы прогнозирования влияния качества канатов на безопасность эксплуатации мостовых кранов.

2. Анализ исследований

Анализируя последние исследования, в которых начато решение данной проблемы были рассмотрены работы: Слободяник В.А., Шевцов В.В., Сергеев С.С., Похальченко А.С., Божко А.Г., Винников А.И., Иванов А.П., Шершнева В.В., Абрамов Б.Н. и т.д. [2, 3, 4].

3. Основной материал

В таком случае эффективным является оснащение мостового крана уравнительным барабаном, уравнительное устройство которое должно обеспечить снижение расчётных динамических нагрузок, возникающих после обрыва каната, до величин, гарантирующих надёжное удержание груза. Точность определения величины динамических нагрузок влияет не только на надёжность работы уравнительного барабана, но и на габаритные размеры и металлоёмкость узла уравнительного барабана, что, в конечном счёте, сказывается на металлоёмкости грузовой тележки и крана в целом.

Целью работы является повышение безопасности эксплуатации кранов мостового типа путём совершенствования уравнительного тормозного барабана, входящего в конструкцию механизма подъема груза.

Теоретические исследования динамических процессов, происходящих в грузоподъёмных машинах, выполняются по динамическим моделям, которые должны

адекватно отражать соединение дискретных масс упругими связями. В известной динамической модели, применяющейся для исследования динамических процессов в мостовом кране при подъеме и опускании груза, не учитывается упругая связь груза с металлоконструкцией, т.к. полиспастный подвес представлен в виде одной упругой связи «груз – привод». Предложена динамическая модель мостового крана, которая учитывает связь груза с металлоконструкцией в результате того, что полиспастный подвес представлен в виде двух упругих связей: «груз – привод» и «груз – металлоконструкция». Это позволяет более точно исследовать динамические процессы, происходящие в мостовом кране при работе механизма подъема, что имеет большое значение при решении задачи предотвращения аварии крана в случае обрыва каната. Рассмотрим режим динамического нагружения мостового крана – подъем груза с основания с подхватом, когда наиболее часто на кран действуют максимальные динамические нагрузки, что увеличивает вероятность обрыва каната. Динамическая модель подъема груза мостовым краном при обрыве каната с уравнительным барабаном соответствует послеотрывной стадии движения груза, когда при нормальной работе крана значение указанных нагрузок максимальное (рис 1). Движение масс в процессе подъема груза целесообразно разделить на четыре этапа [5]. Процессы, происходящие на первых двух этапах, соответственно, в доотрывной и послеотрывной стадиях, до обрыва каната описаны математической моделью [6].

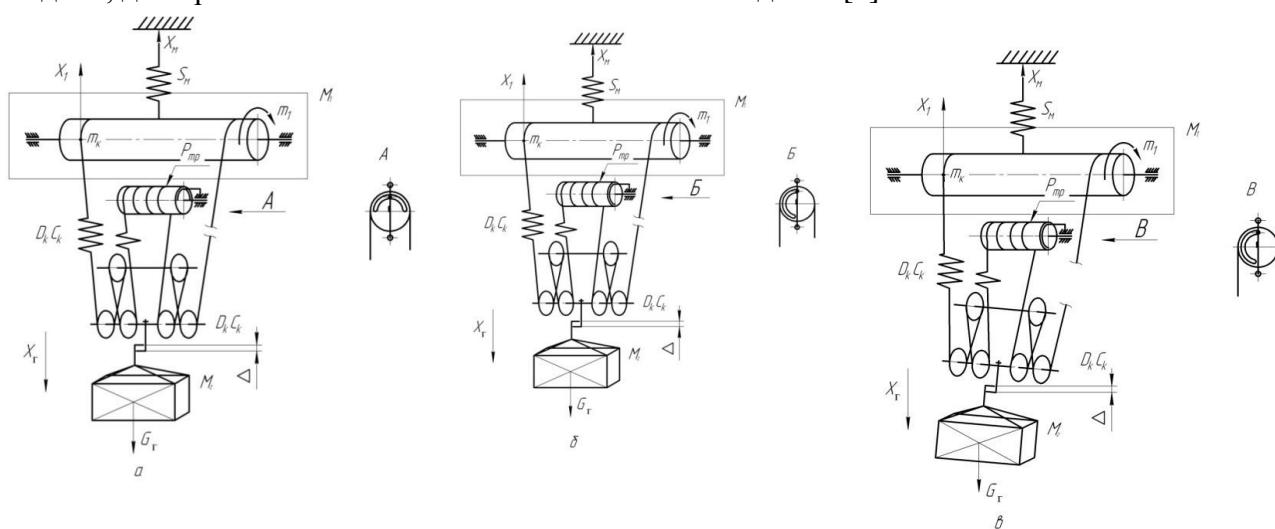


Рис. 1 – Динамическая модель полиспастной системы с уравнительным барабаном при обрыве одной ветви каната

На рис. 2 показана схема уравнительного тормозного барабана, который состоит из барабана механизма подъема груза 1, канат 2, далее канат запасовывается на блоки 3, на уравнительный тормозной барабан (у барабан ограниченный ход $\approx 90^\circ$) 4, тормозные колодки с упорами 5, и на крюковую подвеску 6, паз 7 для установки упора 8, предотвращает вращение барабана больше чем на угол 45° .

При обрыве одной из ветвей каната происходит резкое опускание груза, при этом уравнительный тормозной барабан 4 может повернуться на угол не больше 45° , и после чего тормозится упором 8, груз удерживается канатом с помощью сил трения, что возникли

между канатом и уравнивательным тормозным барабаном, при этом тормозные колодки с упорами 5 не позволяют раскручиваться канату.

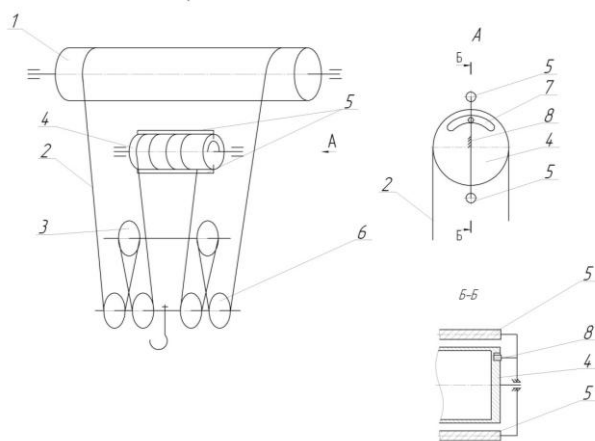


Рис. 2 – Схема уравнивательного тормозного барабана

Системы полученных дифференциальных уравнений, описывающих движение масс динамической модели, решены численным методом для мостового крана грузоподъемностью 20 т, в котором участок свободного хода уравнивательного барабана $\varphi=45^\circ$. При этом для определения степени влияния упругой связи груза на металлоконструкцию, определены по известной и рассмотренной динамическим моделям максимальные динамические нагрузки, действующие на металлоконструкцию и полиспастную систему после обрыва каната [7].

Этот процесс описывается следующими дифференциальными уравнениями:

$$\begin{cases} m_n \cdot \ddot{x}_n - P_D + C_k(x_n - x_m - x_z) + D_k(\dot{x}_n - \dot{x}_m - \dot{x}_z) = 0 \\ m_m \cdot \ddot{x}_m + C_m \cdot x_m + D_m \cdot \dot{x}_m - C_k(x_n - x_m - x_z) - D_k(\dot{x}_n - \dot{x}_m - \dot{x}_z) = 0 \\ m_z \cdot \ddot{x}_z - C_k(x_n - x_m - x_z) - D_k(\dot{x}_n - \dot{x}_m - \dot{x}_z) + m_z \cdot g = 0 \\ m_n \cdot \ddot{x}_n - P_{TP} - C_k(x_n - x_m - x_z) - D_k(\dot{x}_n - \dot{x}_m - \dot{x}_z) + m_n \cdot g = 0 \end{cases}$$

где m_n – приведенная к канатам масса вращающихся частей механизма подъема груза;

m_m – приведенная к середине пролета масса средних частей моста и порожней тележки;

m_z – масса поднимающего груза; индексы соответственно n, m, z, k – подъема, металлоконструкция моста, груз, канат; x – перемещение, \dot{x} – аналог скорости, \ddot{x} – аналог ускорения;

C_m – коэффициент жесткости металлоконструкции крана;

D_m – коэффициент затухания колебаний (демпфирования) металлоконструкции;

C_k – коэффициент жесткости грузовых канатов;

D_k – коэффициент затухания колебаний (демпфирования) канатов; x_n, x_m, x_z – пути, проходимые соответственно массами m_n, m_m, m_z от принятого начала координат;

P_D – приведенная к канатам движущая сила двигателя, определяемая в зависимости от режима работы электропривода (двигательный, динамическое торможение, торможение колодочным тормозом) по соответствующим формулам.

Сравнительный анализ полученных результатов свидетельствует о большем влиянии упругой связи груза с металлоконструкцией на динамические нагрузки после обрыва каната, чем при нормальной работе [8]. Это обусловлено снижением приведённой жёсткости полиспастного подвеса вследствие уменьшения после обрыва каната количества ветвей, воспринимающих нагрузку от груза. Результаты численного решения систем дифференциальных уравнений движения масс для мостового крана грузоподъемностью 20 т

приведены на рисунке 3 в виде графиков зависимостей усилий в полиспапном подвесе $S(t)$ и металлоконструкции $F(t)$ от времени.

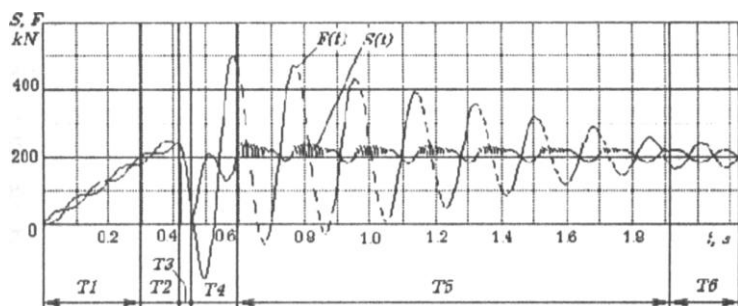


Рис. 3 – График зависимости усилий в полиспапном подвесе и металлоконструкции от времени $S(t)$ и $F(t)$

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что применение в мостовом кране уравнительного тормозного барабана позволяет при обрыве каната снизить динамические нагрузки при задаваемом коэффициенте сопротивления уравнительного фрикционного устройства, равном 1,1, до величин, при

которых коэффициент динамичности в полиспапном подвесе меньше существующих запасов прочности каната, а в металлоконструкции – больше. Следовательно, для предотвращения падения груза при обрыве каната мостового крана при оснащении его уравнительным барабаном необходимо предусмотреть снижение динамической нагрузки на металлоконструкцию.

Описанная математическая модель позволяет исследовать динамические процессы, происходящие при удержании груза уравнительным барабаном в грузоподъемных машинах с лебедкой, установленной на металлоконструкции, масса и жесткость которой оказывает влияние на указанные процессы.

Выводы

Таким образом, применение уравнительного тормозного барабана и предложенной математической модели позволяет повысить точность определения динамических нагрузок, действующих на мостовой кран после обрыва каната в процессе подъема груза с основания "с подхватом", а также использовать их при проведении исследований как с целью повышения безопасности работы находящихся в эксплуатации мостовых кранов, так и с целью снижения металлоемкости вновь разрабатываемых их конструкций. Установлена область взаимодействия при аварийном срабатывании уравнительного барабана и затормаживанием механизма подъема с металлоконструкцией мостового крана при неустановившемся движении. Реализация предложенной конструкции позволяет увеличить срок службы кранового моста в среднем на 15...18 %, либо уменьшить его вес на 10...12 %. Применение уравнительного тормозного барабана наряду со снижением динамических нагрузок дает значительное повышение безопасности, возможность окончания технологического процесса даже после обрыва ветви каната.

Список использованных источников:

1. Емельянов О. А. Мосты сварные крановые. Конструкция, нагружение, диагностика, обеспечение ресурса / О. А. Емельянов. – Краматорск : ДГМА, 2002.– 334 с.
2. Козлов М. А. Теория и практика проектирования устройств, предотвращающих аварии грузоподъемных кранов при обрыве канатов / М. А. Козлов, А. Н. Вудвуд, В. Г. Химченко // Подъемные сооружения. Специальная техника. – 2009. – № 1. – С. 29–30.

3. Пат. 2352516 Российская Федерация, МПК⁸ В 66 С 17/00. Кран для обращения с отработавшим ядерным топливом в защитной камере / А. Г. Божко, А. И. Винников, А. П. Иванов [и др.]; Открытое акционерное общество "Центральное конструкторское бюро машиностроения" (ОАО «ЦКБМ»). – № 2007129870/11 ; заявл. 03.08.2007.

4. Пат. 2266860 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 D 3/04. Безопасный канатный полиспаст / Шершнева В. В., Абрамов Б. Н ; Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Уральский государственный технический университет-УПИ" – № 2004116732/11; заявл. 01.06.2004; опубл.10.11.2002.

5. Слободяник В. А. Повышение грузоподъемности и надежности эксплуатации (при продлении срока службы) кранов с преднапряженной металлоконструкцией / В. А. Слободяник // Проблемы производства и безопасной эксплуатации подъемных сооружений в Украине и России : сб. тр. науч.-практ. конф. 21-24 мая 2002 г. – Одесса, 2002. – С. 248–250.

6. Слободяник В. А. Повышение долговечности крановых мостов методом преднапряжения/ В. А. Слободяник // Автомобильный транспорт : сб. науч. тр. – Х. : ХГАДТУ, 2000. – С. 54–56.

7. Ловейкин В. С. Динамическая оптимизация подъемных машин : моногр. / В. С. Ловейкин, А. П. Нестеров ; Восточноукр. нац. ун-т им. В. Даля. – Луганск : [б. и.], 2002. – 368 с.

8. Комаров М. С. Динамика грузоподъемных машин / М. С. Комаров. – М. : Машгиз, 1953. – 188 с.

Швачунов А.С., Дорохов Н.Ю. «Проектирования устройств, предотвращающих аварии грузоподъемных кранов при обрыве каната».

Эффективным является оснащение мостового крана уравнильным барабаном, уравнильное устройство которое должно обеспечить снижение расчётных динамических нагрузок, возникающих после обрыва каната, до величин, гарантирующих надёжное удержание груза. Точность определения величины динамических нагрузок влияет не только на надёжность работы уравнильного барабана, но и на габаритные размеры и металлоёмкость узла уравнильного барабана, что в конечном счёте сказывается на металлоёмкости грузовой тележки и крана в целом.

Ключевые слова: грузоподъемный кран, уравнильный барабан, динамические нагрузки, грузовая тележка.

Швачунов О.С. «Проектування пристроїв, що запобігають аварії вантажопідійомних кранів при обриві каната».

Ефективним є оснащення мостового крану зрівняльним барабаном, зрівняльний пристрій який повинен забезпечити зниження розрахункових динамічних навантажень, що виникають після обриву каната, до величин, що гарантують надійне утримання вантажу. Точність визначення величини динамічних навантажень впливає не лише на надійність роботи зрівняльного барабана, але і на габаритні розміри і металоємність вузла зрівняльного барабана, що позначається на металоємності вантажного візка і крану в цілому.

Ключові слова: вантажопідійомний кран, зрівняльний барабан, динамічні навантаження, вантажний візок.

Shvachunov A. “Designing devices to prevent accidents cranes at breakage of the rope”.

Effective is to equip the crane egalitarian drum leveling device which should ensure a reduction in the calculated dynamic loads that occur after failure of the rope, to values that ensure reliable containment. The accuracy of determining the value of the dynamic loads affects not only the reliability of the egalitarian drum, but also on the dimensions and metal assembly egalitarian drum, which ultimately affects the metal trolley and crane as a whole.

Key words: load-lifting crane egalitarian drum, dynamic loads, load trolley.

Стаття надійшла до редакції 5 квітня 2013 р.