

Турышева Евгения Сергеевна

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОЙ
ЗАЩИТЫ ГИДРОФИЦИРОВАННОГО КРАНА
ОТ ПЕРЕГРУЗКИ И ОПРОКИДЫВАНИЯ

Специальность:

05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные
машины

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Красноярск - 2009

Работа выполнена в ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор

Емельянов Рюрик Тимофеевич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, доцент

Ереско Татьяна Трофимовна

доктор технических наук, профессор

Ермолович Александр Геннадьевич

Ведущая организация:

ЗАО «НИИСтройдормаш», г. Красноярск

Защита состоится 15 мая 2009г. в 13-00 часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.099.13 при ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» (СФУ) по адресу: 660074, г. Красноярск, ул. Киренского, 26, ауд. Г 2-50. Тел./факс (3912) 249-82-55; e-mail DM21209913@mail.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет».

Автореферат разослан 14 апреля 2009 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета,

доктор технических наук, доцент



Э.А. Петровский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Работа стреловых грузоподъемных кранов связана с потенциальным источником опасности, который возникает в случае нарушения работоспособного состояния. Динамическая нагруженность является определяющим фактором при работе грузоподъемного крана. Перегрузка крана ведет к потере устойчивости и опрокидыванию. Это связано с недостаточностью соблюдения соответствия силовых параметров подъемных механизмов с динамическими свойствами привода механизмов подъема, а также погрешностями, возникающими при срабатывании ограничителя грузоподъемности.

Для обеспечения требуемого уровня безопасности эксплуатации гидрофицированных кранов следует повысить уровень надежности срабатывания ограничителя грузоподъемности за счет снижения погрешности отключения крана. Для решения этой задачи требуется совершенствование системы защиты крана, учитывающей влияние времени работы гидротолкателя привода ограничителя грузоподъемности и быстродействие срабатывания.

Это определило необходимость совершенствования системы защиты крана от перегрузки и опрокидывания путем разработки программного комплекса позволяющего выполнять автоматическую оценку параметров и отработку заградительной характеристики ограничителей грузоподъемности с высокой степенью достоверности, а также обеспечить быстродействие отключения механизмов крана при перегрузке.

Цель работы: повышение надежности работы ограничителя грузоподъемности и безопасности эксплуатации гидрофицированных кранов в условиях перегрузки.

Задачи исследования:

- предложить систему защиты, обеспечивающую безопасность эксплуатации крана при перегрузке, вызывающей потерю устойчивости;
- установить в ходе теоретических исследований, лабораторных и производственных экспериментов закономерности протекания колебательных процессов при подъеме груза, а также критерии для оценки быстродействия отключения крана;

- уменьшить составляющую погрешности отключения крана за счет стабилизации направления потока рабочей жидкости в полости гидротолкателя, выполненной с профилем поверхности по архимедовой спирали;
- разработать управляющий модуль автоматической оценки заградительной характеристики и отработки параметров ограничителей грузоподъемности кранов.

Методы исследования включают методы информационного поиска, теорию колебаний, численные методы решения систем дифференциальных уравнений, в том числе методы компьютерного моделирования и анализ результатов. При экспериментальных исследованиях применялись методы статистической обработки результатов, а также лабораторное оборудование и программное обеспечение.

Основные научные положения, защищаемые автором:

- результаты математического моделирования по определению амплитудно-частотных характеристик процесса подъема груза и выявлению параметров, влияющих на быстрдействие срабатывания ограничителя грузоподъемности крана;
- многофакторные регрессионные уравнения, устанавливающие взаимосвязь, динамических параметров процесса подъема груза, а также зависимости влияния низких температур на точность срабатывания ограничителя грузоподъемности и параметров проточной полости гидротолкателя привода на стабилизацию гидродинамической силы;
- алгоритм и программа автоматической оценки параметров и отработки заградительной характеристики ограничителей грузоподъемности кранов.

Достоверность научных результатов.

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов обеспечивается соответствием результатов расчета лабораторных и промышленных образцов с экспериментальными данными и результатами моделирования на ЭВМ. Достоверность полученных результатов, в частности при определении параметров колебательного процесса, достигается использованием современных методов испытаний, средств измерения и испытательного оборудования, обеспечивающих достаточную точность требуемых параметров, а также применением ЭВМ для обработки экспериментальных данных.

Научная новизна результатов:

- усовершенствована математическая модель процесса подъема груза с подхвата при аварийном отцепе с грузового крюка, учитывающая деформации грузового каната, стрелы крана и зазоров в механизме подъема;
- впервые получены многофакторные регрессионные уравнения, устанавливающие взаимосвязь, расчетного и допустимого усилия в канате и грузового момента;
- впервые определены зависимости по стабилизации гидродинамической силы потока рабочей жидкости за счет выполнения профиля полости гидротолкателя, обеспечивающей постоянство углов давления потока рабочей жидкости;
- разработан алгоритм и программа автоматической оценки параметров и отработки заградительной характеристики ограничителей грузоподъемности кранов.

Практическая значимость:

- новый управляющий модуль грузоподъемности кранов, позволяет выполнить автоматическую оценку параметров и отработку заградительной характеристики ограничителей грузоподъемности с высокой степенью достоверности, а также обеспечить быстрое действие отключения механизмов крана при перегрузке;
- разработанный программный комплекс, позволяет организовать работу по визуализации состояния заградительной характеристики ограничителя грузоподъемности, что дает возможность использовать его в качестве тренажера в учебном процессе.

Реализация работы.

Стенд автоматической оценки параметров ограничителей грузоподъемности внедрен в производство объединением ООО «Стройгарант».

Апробация работы.

Материалы диссертации докладывались и обсуждались на заседании кафедры «Механизация и автоматизация строительства», на научных конференциях, совещаниях, семинарах, в том числе на: V Всероссийской научно-практической конференции «Красноярск. Эффективность: достижения и перспективы» 2004г.; XXII - XXVIII региональных научно-технических конференциях. «Красноярск: Проблемы архитектуры и строительства»: 2004 – 2009 г.г.

Публикации. Основное содержание работы опубликовано в 9 работах, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложения. Всего 135 страниц, 41 рисунок и 9 таблиц. Список литературы – 106 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность рассматриваемой темы, сформулированы цель диссертационной работы и положения, выносимые на защиту, приведены данные о научной новизне, практической значимости, апробации и реализации результатов работы.

В первой главе рассмотрено современное состояние изучаемого вопроса.

Современные грузоподъемные машины оснащены автоматическими системами для защиты от перегрузки и опрокидывания. В системе защиты гидрофицированных кранов используется отключение крана ограничителем грузоподъемности при повышении разности давления рабочей жидкости в поршневой и штоковой полостях гидроцилиндра подъема стрелы.

Методам защиты грузоподъемных кранов посвящены работы известных ученых: Вайнсон А. А., Волков Д. П., Гоберман Р. А., Зарецкий А. А., Нгуен Чыонг, Черноусько Ф. Л., Емельянов Р. Т. и др. Управление процессами защиты в работах авторов выполняется с использованием квазистационарных гидродинамических характеристик элементов, полученных по результатам экспериментальных исследований. В исследованиях известных ученых используются методы передаточных функций, методы компьютерного объектно-ориентированного моделирования в среде «MATLAB & Simulink» и других программных комплексов.

Вопросам управления гидродинамическими характеристиками систем защиты посвящены работы ученых: Гамынина Н. С., Казмиренко В. Ф., Попова Д. Н., Боровина Г. К., Ереско Т. Т. В этих работах рассматривались методы автоматического управления, оптимального управления, теория алгоритмов, методы идентификации динамических объектов и процессов, методы математического и компьютерного моделирования. Анализ известного опыта автоматизации систем защиты с учетом современных требований безопасности эксплуатации гидрофицированных кранов показывает на необходимость совершенствования системы защиты крана от перегрузки и опрокидывания, путем разработки программного комплекса позволяющего выполнять автоматическую оценку параметров и отработку заградительной характеристики ограничителей грузоподъемности с высокой степенью достоверности, а также обеспечить быстрое действие отключения механизмов крана при перегрузке.

Во второй главе выполнены теоретические исследования и моделирование процессов вызывающих перегрузку и опрокидывание крана.

Максимальные динамические нагрузки, появляются при подъеме груза и при аварийном отцепе груза от крюковой подвески. Для исследования влияния основных параметров механизма подъема и вылета стрелы на вертикальные колебания груза разработана модель с двумя степенями свободы, в которой две массы связаны упругими и диссипативными связями.

Процесс подъема груза механизмом подъема состоит из:

- выборки зазоров в канате;
- отрыва груза от поверхности земли;
- движения груза в установившемся режиме работы.

На рис. 1 приведена двухмассовая динамическая схема подъема груза.

Груз поднимается поступательно в режиме неустановившегося движения.

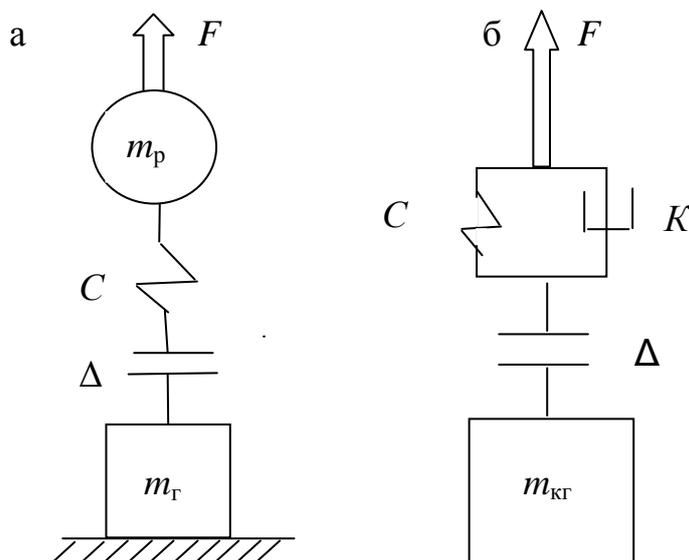


Рис. 1. Двухмассовая динамическая схема подъема груза: а – без учета податливости стрелы; б – с учетом податливости стрелы; m_r – масса груза и грузозахватного органа; m_p – приведенная масса вращающихся частей привода; Δ – зазоры в механизме; C – коэффициент упругости полиспаста; $m_{кг}$ – масса стрелы крана с поднимаемым грузом; K – диссипативный коэффициент

На первом этапе подъема груза выбирается зазор Δ . Процесс выборки зазоров описывается системой уравнений:

$$\begin{aligned}
m \frac{dx^2}{dt_2} - C(x_p - x_r) &= 0, \\
m \frac{dx^2}{dt_2} + C(x_p - x_r) &= 0, \\
\Delta &= \frac{dx}{dt} t.
\end{aligned} \tag{1}$$

При отрыве груза от поверхности земли, процесс подъема груза описывается системой уравнений

$$\begin{aligned}
m \frac{dx^2}{dt_2} - C(x_p - x_r) &= m_r g, \\
m \frac{dx^2}{dt_2} + C(x_p - x_r) + k(\dot{x}_p - \dot{x}_r) &= m_r g + F
\end{aligned} \tag{2}$$

где x_r , x_p – перемещение груза и ротора привода; F – избыточная сила механизма.

$$F = A_2 \cos \omega_3 t + B_2 \sin \omega_2 t + \frac{q}{p^2}, \tag{3}$$

$$q = m_r Q + \frac{F}{m_p}; \quad p^2 = m_r c.$$

Избыточная сила привода механизма в виде синусоидальной составляющей амплитуды создает наиболее тяжелый нагрузочный режим:

$$P = |\exp(-\kappa * u) * A * \sin(\omega * u)| \tag{4}$$

где ω – круговая частота колебаний; u – время протекания процесса.

При подъеме груза с учетом податливости металлоконструкции стрелы крана динамическая модель системы приведена на рис. 1б.

Первый этап описывается системой уравнений

$$\begin{aligned}
m \frac{dx^2}{dt_2} + k(\dot{x}_k) + c(x_k) &= 0, \\
\Delta &= \frac{dx_k}{dt} t.
\end{aligned} \tag{5}$$

На втором этапе уравнение подъема груза имеет вид

$$m \frac{dx^2}{dt_2} + k(\dot{x}_k) + c(x_k) = P. \tag{6}$$

В момент отрыва груза усилие подъема определится по уравнению

$$P = |\exp(-u) * A * \sin(\omega * u)| \quad (7)$$

где ω – частота колебаний груза; u – время отрыва груза.

На третьем этапе усилие подъема груза равно грузоподъемности. Движение груза описывается уравнением гармонических колебаний. Уравнение подъема груза имеет вид

$$m_{кГ} \frac{dx^2}{dt^2} + k(\dot{x}_k) + c(x_k) = m_{Г}g. \quad (8)$$

Полная нагрузка на крюк равна сумме статической и динамической

$$P_{\max} = Q_c \left(1 + \frac{Y}{g} \sqrt{\frac{k_k}{m_k + m_{Г}}} \right). \quad (9)$$

где $K_{\max} = 1 + \frac{Y}{g} \sqrt{\frac{k_k}{m_k + m_{Г}}}$ – максимальный коэффициент динамичности.

Для снижения динамической нагрузки требуется гашение колебаний в системе.

Стабилизация гидродинамической силы в проточной полости гидротолкателя привода ограничителя грузоподъемности зависит от конфигурации проточной части подводных каналов гидротолкателя. Для минимизации гидродинамической силы, оптимизации размеров профилированной части и влияния их на величину гидродинамической силы профилирование выполнено таким образом, что проточка в гидротолкателе имеет форму, выполненную по архимедовой спирали.

Угол давления потока рабочей жидкости зависит от угла подъема спирали φ :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\varphi}. \quad (10)$$

Угол подъема спирали определяется

$$\varphi = \frac{\Delta}{a}, \quad (11)$$

где Δ – глубина выемки.

Длина выемки золотника с профилем рабочей поверхности по архимедовой спирали определяется зависимостью

$$L = \frac{a}{2} \left[(\varphi_H + \varphi) \sqrt{(\varphi_H + \varphi)^2 + 1} + \operatorname{Arch}(\varphi_H + \varphi)^2 \right], \quad (12)$$

где φ_H – начальный угол поворота архимедовой спирали в момент касания эксцентрикком направляющей, рад.

Моделирование поведения динамических систем при подъеме груза краном выполнено в среде программы MATLAB, содержащей в своем составе инструмент визуального моделирования SIMULINK.

Модель, описанная в среде SIMULINK приведена на рис. 2 .

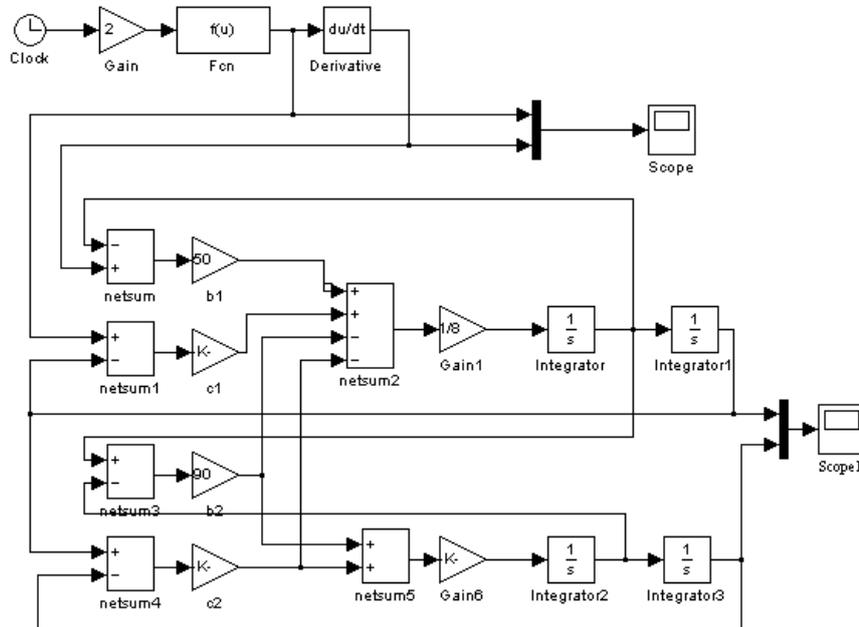


Рис. 2. Модель, описанная в среде SIMULINK

Результат моделирования переходного процесса колебательного процесса представлен в графическом виде на рис. 3.

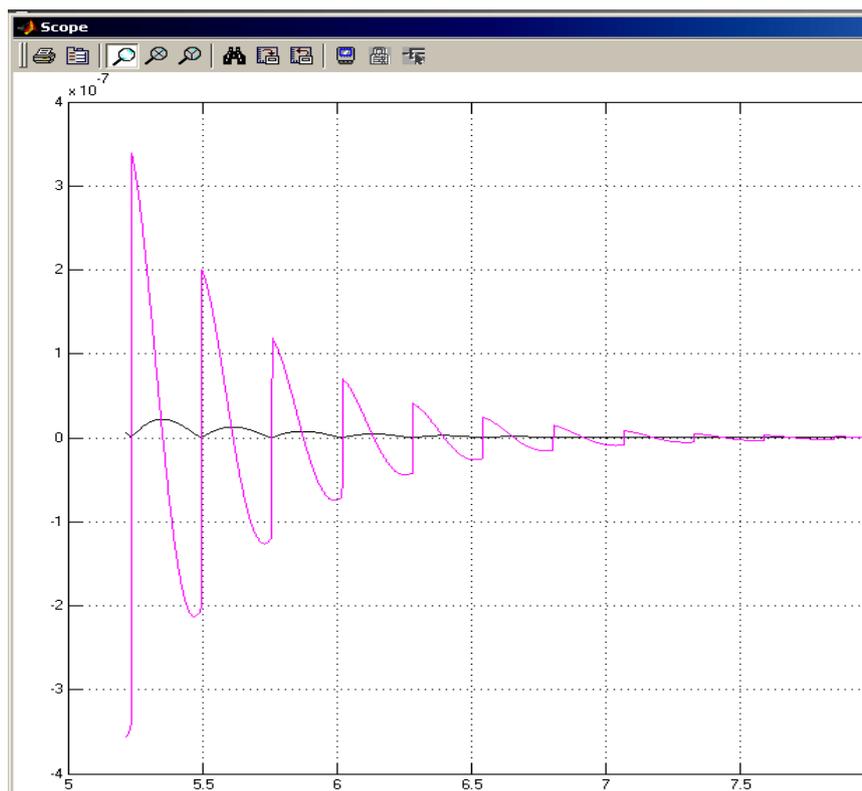


Рис. 3. График затухания колебаний массы груза

Исследования колебательного процесса механизма подъема проводились реализацией уравнений (1) - (3) на ЭВМ в редакторе Excel.

Варьированием параметров частоты колебаний и сопротивления в канате получены графики функций затухающих колебаний системы (рис. 4).

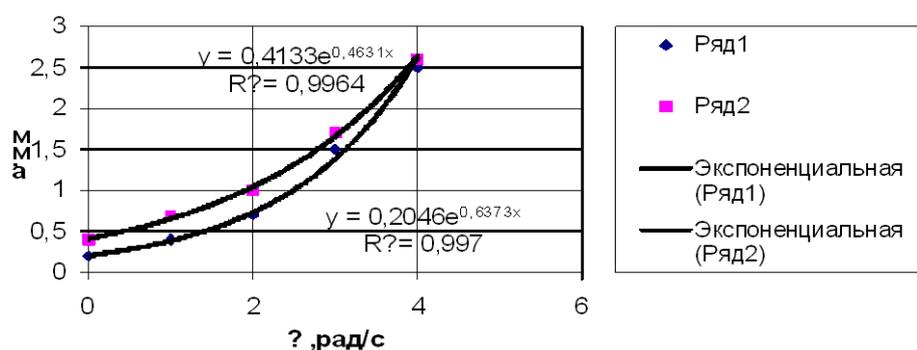


Рис. 4. Зависимости амплитуды от частоты колебаний груза: 1 – при $\beta = 1,2$ кНс/м; 2 – при $\beta = 1,5$ кНс/м

При круговой частоте $\omega = 3 \text{ с}^{-1}$ и демпфирующим сопротивлении $\beta = 0,5$ кНс/м амплитуда колебаний достигает $A = 5,0$ мм. Это в два раза превышает нормативное значение амплитуды. При увеличении параметра ω до 5 с^{-1} при прежнем значении β амплитуда снижается до $2,5$ мм и соответствует нормативным требованиям. Такой же результат достигается при сочетании параметров $\beta = 0,5$ кНс/м и 2 с^{-1} . Сопротивление снижает амплитуду, частота колебаний действует обратно пропорционально.

Изменение гидродинамической силы в зависимости от крутизны профиля проточки (а) приведено на рис 5. Из этого рисунка видно, что для идеального распределителя гидродинамическая сила имеет линейную зависимость (2). Для гидротолкателя с проточкой, выполненной по архимедовой спирали, гидродинамическая сила аппроксимируется квадратичной зависимостью.

Выражение гидродинамической силы имеет вид

$$F_{zo} = -15,497x^2 + 6,563x + 0,094 \quad (13)$$

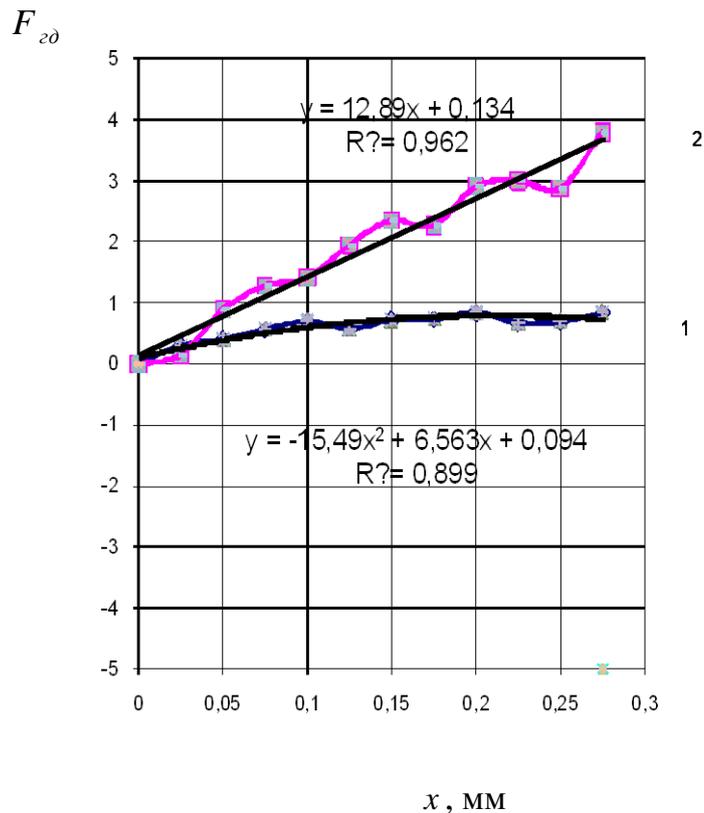


Рис. 5. Зависимость гидродинамической силы от перемещения гидротолкателя: 1 – проточка золотника по архимедовой спирали; 2 – тоже, цилиндрической формы

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований. Основные задачи заключались в определении количественных показателей параметров, а также проверке и подтверждении правомерности принятых ранее теоретических положений.

Для проверки теоретических положений о влиянии зазоров в механизме привода были проведены испытания крана с жестким компактным грузом при значениях суммарных зазоров – 0,002 м, 0,0035 м, 0,005 м. Испытания проводились с грузом массой 1000 кг при скорости подъема 0,85...0,95 м/с. Испытания показали, что с точностью до 10 % расчетные данные совпали с экспериментальными, в среднем коэффициент динамичности при увеличении зазоров до 0,005 м увеличивается до 30 %. «Жесткость» колебаний увеличивается за счет «перекладки» зазоров. В момент «перекладки» зазоров нагрузка падает почти до нуля, а затем резко возрастает в ту или другую сторону, частота колебаний при этом резко увеличивается и за счет амплитуд колебаний увеличивается коэффициент динамичности.

На рис. 6 приведены изменения коэффициента динамичности в зависимости от величины зазоров в приводе механизма подъема груза.

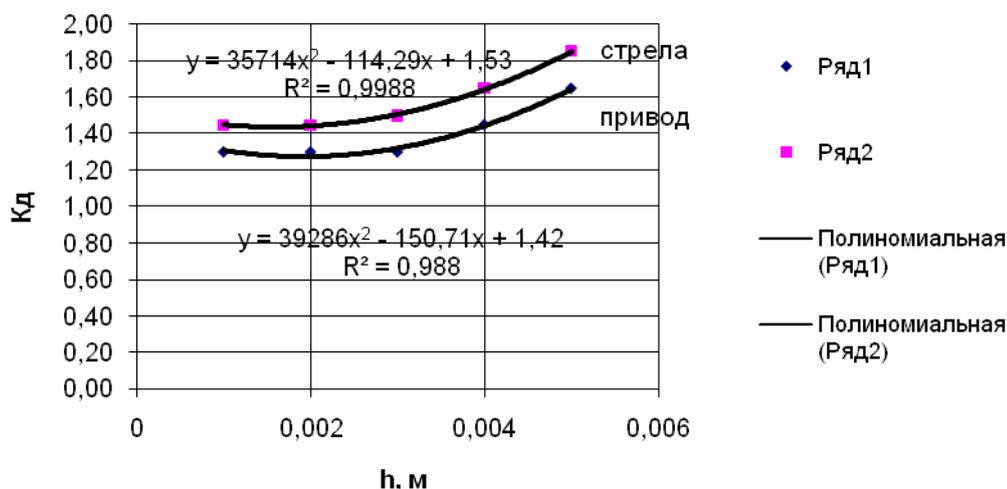


Рис. 6. Изменения коэффициента динамичности

Режим сбрасывания груза в процессе подъема это режим экстремальный, но этот режим иногда имеет место как аварийный, поэтому были проведены испытания крана в процессе сбрасывания груза при его подъеме с максимально возможной скоростью. Испытания проводились с жестким компактным грузом массой 500 кг. Груз подвешивался на электромагнитной защелке и в нужный момент (при достижении высоты подъема около 2 м) резко сбрасывался. В различные периоды цикла работы механизма подъема (пуск, установившееся движение, торможение) колебания груза, существенно разные и направлены как вдоль оси ОХ, так и вдоль оси ОУ.

Теоретические расчеты подтверждались в проверке увеличения коэффициента динамичности при уменьшении массы груза за счет больших амплитуд колебаний груза. При этом частота колебаний груза зависит от его массы, чем больше масса груза, тем меньше частота его колебаний, примерно в прямой пропорции.

Увеличение скорости подъема также приводит к увеличению коэффициента динамичности, но в зависимости от массы груза. Чем больше масса груза, тем меньше влияние скорости подъема на динамические нагрузки. Соотношение статических и динамических нагрузок в механизме подъема такие же, как и в соприкасающихся с ними элементах конструкции при темпе включения двигателя 0,3...0,5 с, поэтому при определении динамических нагрузок в конструкции крана можно пользоваться теми же коэффициентами,

учитывая время включения двигателя. Чем меньше время включения, тем быстрее разгон и тем «жестче» приложение динамических нагрузок.

Для проверки надежности ограничителя грузоподъемности в условиях низких температур было проведено исследование в камере холода. Было установлено влияние температуры окружающего воздуха в пределах от +60 оС до –60 оС на стабильность выходных сигналов датчиков усилий и датчиков угла подъема стрелы; сняты характеристики изменения выходного сигнала датчика усилий ограничителя грузоподъемности ОГБ-3 в зависимости от температуры при нагрузке 430 кг; выявлена степень влияния температуры от +60 оС до –60оС на механические и электрические свойства датчиков.

Понижение температуры датчика от +20 оС до –60 оС уменьшило его выходной сигнал на 34 %. Охлаждение датчика от +60 оС до –60 оС, при строго постоянном нагружении 430 кг, также сопровождалось снижением выходного сигнала в 1,51 раза.

В четвертой главе на основе выполненных исследований разработана система защиты крана с программным управлением.

На безопасность эксплуатации стреловых кранов влияет не только защита от предельных нагрузок, но и техническое состояние крана, которое во многом определяется грузовыми характеристиками.

Это условие выполняется путем программной реализации алгоритма управления устойчивости крана.

При срабатывании ограничителя грузоподъемности может наступить потеря устойчивости крана в двух вероятных случаях:

1. усилие в канате больше допустимого (канат может оборваться);
2. изгибающий момент в стреле больше допустимого (может разрушиться конструкция стрелы).

Исходя из поставленных условий:

$$P_k \leq P_d ; M_c \leq M_d ,$$

где P_k , P_d - расчетное и допустимое усилие в канате; M_c , M_d - расчетный и допустимый грузовые моменты.

Вылет крюка стрелы L определяется по формуле:

$$L = L_c \cdot \cos\alpha ,$$

где α – угол подъема стрелы, L_c – длина стрелы.

Используя эти неравенства проведена оценка параметров ограничителей грузоподъемности и получены области допустимых значений P_k и α .

Для оценки параметров ограничителя грузоподъемности применяется программный комплекс GENIE фирмы Advantech. В зависимости от задачи управления осуществляется выборка одной грузовой характеристики и воспроизводится на экране монитора в виде заградительной функции, т. е. зависимости между вылетом и массой груза, при превышении которой формируются выходные команды управления, воздействующие на электрическую схему механизмов.

Обработка данных, поступающих в ЭВМ, производится с помощью программного комплекса GENIE фирмы Advantech - инструментальной среды разработки приложений сбора, обработки и графического представления данных и управления.

Программа на основе двух сигналов от внешних датчиков обеспечивает функцию отключения исполнительных механизмов работающего крана для обеспечения безопасной эксплуатации (рис. 7).

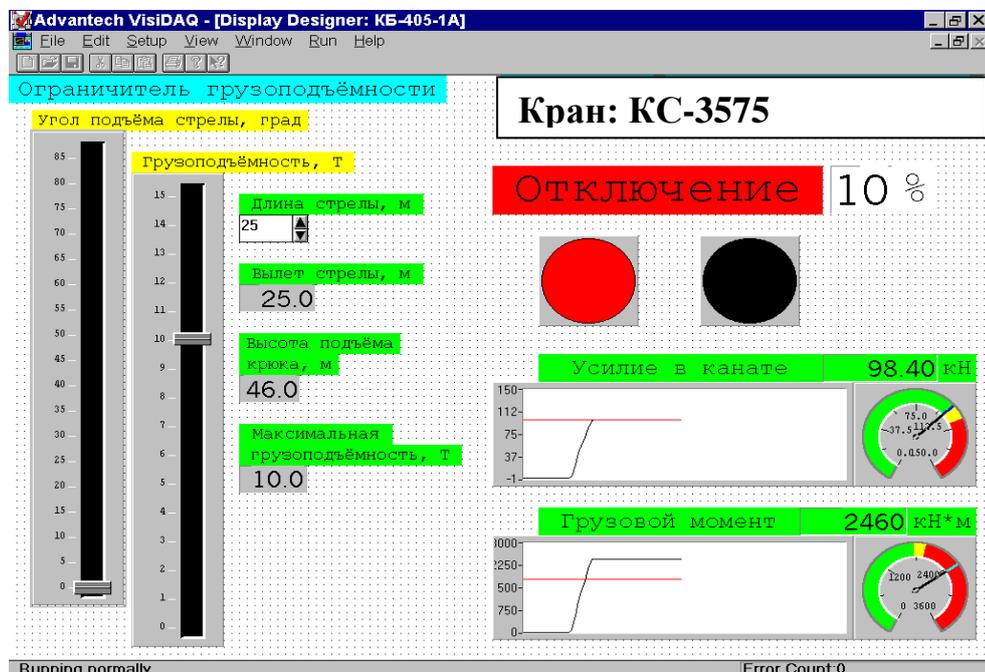


Рис. 7. Интерфейс управляющего модуля

В результате проведенного исследования были проанализированы аналитические зависимости описывающие модель рабочего процесса крана и

разработано программное обеспечение для автоматизации управления защитой крана от перегрузки и опрокидывания.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Усовершенствована математическая модель процесса подъема и аварийного отцепа груза с учетом жесткости грузового каната, металлоконструкции стрелы и привода механизма подъема.
2. Выявлено влияние динамических характеристик кранов на колебательный процесс груза с учетом разных жесткостей канатно-блочной системы, влияющих на амплитудно-частотную характеристику, а также влияние коэффициента диссипации энергии на колебательный процесс.
3. Установлены закономерности изменения гидродинамической силы в зависимости от профиля проточной части гидротолкателя ограничителя грузоподъемности.
4. Определены многофакторные регрессионные модели, позволяющие уточнять параметры ограничителя грузоподъемности на этапе проектирования.
5. Определено влияние низких температур на состояние выходного сигнала ограничителя грузоподъемности и рабочей жидкости гидропривода крана.
6. Усовершенствована методика оценки точности отработки заградительной характеристики ограничителя грузоподъемности крана.
7. Разработан управляющий модуль автоматической оценки заградительной характеристики ограничителя грузоподъемности на основе платы автоматизации (PCL-818L) и программного продукта VISIDAQ.
8. Результаты теоретических и экспериментальных исследований использованы для настройки ограничителя грузоподъемности гидрофицированного крана КС-3575 в объединении ООО «Стройгарант».

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК:

1. Турышева, Е.С. Математическая модель рабочего процесса уплотняющего оборудования машины. /А.П. Прокопьев, Е.С. Турышева // Известия вузов. Строительство. 1996. – № 7. С. 102–104.
2. Турышева, Е.С. Автоматизированный стенд для настройки ограничителей грузоподъемности кранов. / Р.Т. Емельянов, А.П. Прокопьев, Е.С. Турышева. // Известия вузов. Строительство. 2001. – № 2-3. С.112-115.
3. Турышева, Е.С. Оптимизация силовых характеристик дроссельных распределителей. / Р.Т. Емельянов, А.П. Прокопьев, Е.С. Турышева. //Известия вузов. Строительство. 2007. – № 12. С. 62–64.

в сборниках:

4. Турышева, Е.С. Технология управления электродвигателем /Р.Т. Емельянов, Е.С. Турышева, В.О. Хализев. // Проблемы архитектуры и строительства: Сб. материалов XX региональной научно-технической конференции/ Красноярск: КрасГАСА, 2004. С. 243–244.
5. Турышева, Е.С. Силовое возбуждение вибромашин / Р.Т. Емельянов, Ю.М. Грудинов, Е.С. Турышева. // Социальные проблемы инженерной экологии природопользования и ресурсосбережения: Материалы конференции, 23-24 апреля 2004 года. – Красноярск: КрасГАСА, 2004. – Выпуск X. С. 131-135.
6. Турышева, Е.С. Компьютерное моделирование процесса уплотнения асфальтобетонной смеси. /А.П Прокопьев, В.Л. Сабинин, Е.С. Турышева.// Проблемы строительства и архитектуры: Сб. материалов XXIII региональной научно-технической конференции/ Красноярск: КрасГАСА, 2005. – С. 138-139.
7. Турышева, Е.С. Решения повышения надежности приборов безопасности для стреловых грузоподъемных кранов. Турышева Е.С. // Сборник материалов 25 региональной научно-технической конференции. – Красноярск: КрасГАСА, 2007. С. 378–380.
8. Турышева, Е.С. Методы имитационного моделирования строительных машин. Турышева Е.С. // Сборник материалов 26 региональной научно-технической конференции. – Красноярск: СФУ, 2008. – С. 65–66.
9. Турышева, Е.С. Анализ погрешностей измерения массы груза в системах защиты крана от перегрузки. / Е.С. Турышева // Сборник материалов 27 региональной научно-технической конференции. – Красноярск: СФУ, 2009. С. 260–262.

Соискатель

Е.С. Турышева

Подписано в печать 13.04.2009 г.
Заказ № 2/331 Формат 60*90/16 Усл. Печ. л. 1
Типография Сибирского федерального университета