

М 464637

МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

МИКОШЕВИЧ Феликс Эдуардович

УДК 621.873.12

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
КОЗЛОВЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ КРАНОВ
ЗА СЧЕТ ОГРАНИЧЕНИЯ РАСКАЧИВАНИЯ ГРУЗА

Специальность 05.05.05 -
подъемно-транспортные машины

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1987

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте подъемно-транспортного машиностроения.

Научный руководитель - кандидат технических наук, старший научный сотрудник В.Д.ТИМОФЕЕВ

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор С.А.КАЗАК

кандидат технических наук, зав.сектором Е.Г.УГОДИН

Ведущее предприятие - Бурейский механический завод

Защита диссертации состоится *16.11.87* в *14³⁰* на заседании специализированного совета К.053.15.10 Московского высшего технического училища им. Н.Э.Баумана по адресу: 107005, г.Москва, 2-я Бауманская ул., д.5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан

Отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просьба высылать по указанному -

Ученый сек
совета канц

ЫН

№ 464637

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986–1990 годы и на период до 2000 года указывается на первостепенное значение роста производительности труда во всех отраслях народного хозяйства страны. При этом особое внимание уделяется увеличению производительности труда при перегрузочных операциях на транспорте благодаря комплексной механизации и автоматизации работ, внедрению новых, высокоэффективных грузоподъемных машин. Особенно актуальна эта задача при контейнерных перевозках грузов.

Козловые контейнерные краны в настоящее время и, очевидно, еще довольно долго будут основным видом оборудования, используемым для механизации погрузочно-разгрузочных работ с контейнерами. Следовательно, от эффективности их работы в значительной степени зависит возможность повышения производительности труда в контейнерной транспортной системе.

В настоящее время известен ряд технических решений, направленных на повышение производительности грузоподъемных кранов. Однако отсутствие методов по определению количественной оценки роста производительности при их внедрении на козловых контейнерных кранах не позволяет рекомендовать применение того или иного конструктивного решения. В связи с этим решаемая в данной работе задача по определению длительности перегрузочного процесса в зависимости от характеристик крана, квалификации оператора и планировки контейнерной площадки является актуальной и имеет большое народнохозяйственное значение.

Цель работы – разработка методики количественной оценки различных способов повышения производительности козловых контейнерных кранов и обоснование рекомендаций по выбору конструктивных систем подвески груза для ряда перспективных контейнерных кранов повышенной производительности.

Общая методика исследования. На основе проведенных исследований ряда отечественных и зарубежных козловых контейнерных кранов выявлены типовая структура перегрузочного процесса и основные факторы, оказывающие непосредственное влияние на производительность крана. Теоретическое исследование уравнений движения крана с грузом, выполненное с использованием положений теории вероятностей,

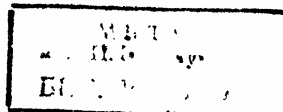
НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1464637

Микушевич Ф.Э. Повышение п

I.



оптимального управления и инженерной психологии позволило разработать алгоритм типового перегрузочного процесса работы козловых контейнерных кранов. С использованием полученного алгоритма на ЭВМ произведен расчет длительности перегрузочного процесса работы козлового контейнерного крана с тремя различными системами подвески груза. Разработана методика и проведены экспериментальные исследования кранов в идентичных принятым в теоретическом исследовании условиях. Результаты теоретических и экспериментальных исследований по определению длительности перегрузочного процесса обработаны с помощью методов математической статистики. На основе полученных результатов разработаны рекомендации по выбору конструктивных систем подвески груза для ряда перспективных козловых контейнерных кранов повышенной производительности.

Научная новизна. Предложены методологические основы определения эффективности конструктивных решений, позволяющих повысить производительность козловых контейнерных кранов. Определены типовая структура перегрузочного процесса козловых контейнерных кранов, ее принципиальное отличие от структуры работы кранов общего назначения, условия и методы выполнения отдельных операций, этапов и всего перегрузочного процесса в целом, а также основные факторы, оказывающие непосредственное влияние на производительность козловых контейнерных кранов. Разработан алгоритм типового перегрузочного процесса козловых контейнерных кранов. Предложены две конструктивные системы пространственной подвески груза, которые позволяют ограничить его раскачивание. Конструкция одной из них защищена авторским свидетельством № 806586 (Б.И. 1981, № 7). Выполнено аналитическое исследование условий, при которых практически полностью исключается раскачивание подвешенного на канатах груза. Разработан руководящий технический материал РТМ 24.090.67-82 "Нормы расчета и проектирования козловых электрических контейнерных кранов".

Практическая ценность. Внедрение результатов работы на козловых кранах типа КК-5 позволило повысить производительность крана на 10-12 %, сократить число включений механизмов крана на 15-40 %, снизить интенсивность работы крановщика и требования к его квалификации.

Промышленная реализация работы. Результаты работы использованы при модернизации конструкций серийно выпускаемых козловых кра-

нов для перегрузки средне- и крупнотоннажных контейнеров грузоподъемностью 5, 20 и 32 т, а также при разработке и освоении в промышленном производстве ряда перспективных козловых контейнерных кранов грузоподъемностью 6,3 и 25/30,5 т. Экономический эффект от внедрения одного крана типа КК-6,3 составляет 16189 рублей при программе их выпуска свыше 200 штук в год.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены и обсуждались на:

1. Семинаре "Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ", Москва, 1977 г.

2. Региональной научно-технической конференции "Основные направления научно-технического прогресса и создание и эксплуатация грузоподъемных кранов в условиях Дальнего Востока и Восточной Сибири", Артем, 1979 г.

3. научно-техническом совете ВНИИПТМАШ, Москва, 1980 г.

4. Всесоюзной юбилейной научно-технической конференции "проблемы повышения надежности и долговечности и совершенствования методов эксплуатации подъемно-транспортной техники", посвященной 150-летию МВТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, 1981 г.

5. Научно-технической конференции Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта, Москва, 1983 г.

6. Всесоюзной научно-технической конференции, посвященной 60-летию кафедры "подъемно-транспортные машины и оборудование" МВТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, 1985 г.

7. Семинаре "Основные направления технического перевооружения транспортно-складского хозяйства в условиях интенсификации производства", Севастополь, 1987 г.

8. Секции грузоподъемных машин НТС ВНИИПТМАШ, Москва, 1987 г.

Публикации. Основное содержание диссертации изложено в девяти печатных работах и пяти научных отчетах.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 99 страницах машинописного текста, содержит 10 таблиц, 64 рисунка, список литературы из 136 наименований и 49 страниц приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследуемой проблемы, приведен обзор литературы по теме исследования и определены цели и задачи работы. приведена общая характеристика работы с определением ее новизны и основных положений, выносимых на защиту.

В первой главе диссертации на основе анализа наиболее значимых работ предложена классификация основных методов повышения производительности козловых контейнерных кранов. Рассмотрение этих методов выявило большое разнообразие возможных технических решений и отсутствие единой методики непосредственного сравнения их эффективности, т.е. такой методики, которая основывалась бы на количественной оценке производительности и была бы разработана с учетом специфических особенностей работы козловых контейнерных кранов.

В настоящее время известны различные схемы механизации работ и организации грузопотоков на контейнерных площадках с использованием козловых контейнерных кранов. Анализ этих систем, а также результатов выполненных обследований ряда отечественных и зарубежных кранов позволил выявить общность структуры их перегрузочного процесса. Перегрузочный процесс включает в себя холостую и рабочую части, которые, в свою очередь, следующие этапы: подъема, транспортировки, спуска, установки, захвата или отстропки контейнера и качественно нового, в отличие от работы кранов общего назначения, этапа наведения. Каждый этап в работе представлен состоящим из отдельных операций. Выявлены специфические условия, приемы и методы выполнения каждой операции, этапа и всего перегрузочного процесса в целом.

проведенные обследования позволили установить, что основными факторами, оказывающими непосредственное влияние на производительность козловых контейнерных кранов являются: технология перегрузочных работ, величины допустимой погрешности наведения, характеристики системы подвески груза и приводов механизмов крана, а также квалификация крановщика.

Анализ условий работы на этапе наведения позволил установить, что допустимая погрешность наведения определяется размерами зоны гарантированной посадки. При наведении захвата на контейнер зона гарантированной посадки определяется размерами нижних рымных узлов

или отверстий фитингов контейнеров, а при установке контейнеров на платформы подвижного состава или на площадку - требуемой точностью их расстановки. Учитывая размеры и допуски на изготовление захватов, контейнеров и подвижного состава, минимальная погрешность наведения при перегрузке среднетоннажных конвейеров принята равной ± 50 мм, а для крупнотоннажных контейнеров - ± 35 мм.

В известных исследованиях законов изменения частот колебаний от высоты подъема подвешенного на канатах груза доказывалась неправомерность рассмотрения пространственных систем подвески груза в виде математического маятника. Однако результаты этих исследований не могут быть непосредственно использованы для систем подвески груза, применяемых в отечественных козловых кранах для перегрузки крупнотоннажных контейнеров. Выполненные в ходе работы расчеты по известной методике, которая основывается на использовании уравнений Лагранжа II рода и допущения о не изменности длины каната в процессе свободных колебаний груза, позволили дополнить ранее полученные результаты других исследований и определить теоретические зависимости изменения частот поперечных, продольных и крутильных колебаний груза от высоты подъема применительно к серийно выпускаемым системам подвески груза отечественных козловых контейнерных кранов.

Задача по повышению производительности и перемещению грузов с оптимальным быстродействием была решена в работе с использованием математической теории оптимальных процессов. метод решения поставленной задачи заключался в определении закона изменения вещественного управляющего параметра. Указанный параметр представлен в работе как результирующее силовое воздействие на систему, зависящее от характеристик приводов и внешних силовых факторов. Учитывая известный принцип максимума, результирующее силовое воздействие принималось в виде кусочно-постоянной функции с максимально возможными по абсолютной величине значениями, в частности значения ускорений в переходных режимах, а также скорости при установившемся движении ограничивались соответствующими постоянными величинами.

при рассмотрении эффективности работы крановщика была установлена возможность ее достаточно достоверной оценки путем определения его способности осуществлять перегрузочный процесс за минимально возможное время, т.е с оптимальным быстродействием или в пределах установленных отклонений. Учитывая, что процесс управ-

ления краном может быть отнесен к разряду задач слежения оператором в системе "человек-машина", основное внимание было уделено среднему квадратическому отклонению возможной ошибки, которое в нашем конкретном случае характеризует дисперсию интервалов времени между фактическим началом выполнения операции (например, началом торможения) и теоретическим промежутком времени, определяемым из условий выполнения рассматриваемой операции с оптимальным быстродействием. В результате обследования ряда отечественных и зарубежных козловых контейнерных кранов было установлено, что величина среднего квадратического отклонения варьируемого интервала времени зависит от квалификации крановщика и времени операции. Дополнительно было выявлено, что система "оператор-кран" за счет ограниченного быстродействия крановщика и инерционности систем крана обладает минимальным временным порогом продолжительности элементарной операции и межоперационных интервалов.

Во второй главе диссертации для теоретического исследования этапов транспортировки и наведения перегрузочного процесса была принята двухмассовая упруго-динамическая модель. Известно, что в процессе работы крана груз раскачивается, что затрудняет его наведение. Поэтому крановщик определяет точность наведения груза или учитывая величины максимальных амплитуд его колебаний в крайних положениях или положение соответствующее статическому равновесию системы. Т.е. крановщик производит оценку точности наведения с учетом положения некоторого центра, относительно которого происходят колебания груза. Таким центром в случае перемещения крана или тележки является центр масс системы. Поэтому для удобства последующего анализа сложное движение груза рассматривалось как сумма элементов движения по двум координатам, каждый из которых состоит из движения центра масс системы и относительных колебаний груза.

Уравнение относительного движения груза может быть представлено в следующем виде:

$$\ddot{S}_{\text{г.отн}} + \omega^2 S_{\text{г.отн}} = -\lambda (\ddot{S}_{\Sigma} - \ddot{S}_{\text{г}});$$

$$\omega = \rho \sqrt{\lambda}; \quad \lambda = \frac{m_{\text{к}} + m_{\text{г}}}{m_{\text{к}}};$$

где

$$\ddot{S}_{\Sigma} = \frac{P - W \text{sign} \dot{S}_{\text{к.г}}}{m_{\Sigma}}; \quad \ddot{S}_{\text{г}} = \frac{F \text{sign} \dot{S}_{\text{г.отн}}}{m_{\text{г}}};$$

при следующих обозначениях:

m_{Σ} - суммарная масса системы кран-груз (тележка-груз);
 m_k - приведенная масса крана (тележки); $m_{гр}$ - масса груза;
 S_{Σ} - перемещение центра масс системы кран-груз (тележка-груз);
 S_{k_0} - абсолютное перемещение массы крана (тележки); $S_{гр_отн}$ - перемещение массы груза относительно массы крана (тележки);
 P - суммарное силовое воздействие привода; W - сопротивление передвижению массы крана (тележки); F - приведенное сопротивление от демпфирующего устройства, основанного на использовании силы кулонова трения; ρ - частота свободных колебаний груза.

Приведенное уравнение относительного движения при постоянном силовом воздействии на систему имеет решения, которые представлены в работе в аналитическом виде. Однако, учитывая преимущества метода графического решения уравнений, в частности, его наглядность, относительную простоту и меньшую вероятность случайных ошибок, при последующем исследовании этапа перегрузочного процесса изменение переменных рассматривалось в фазовых координатах. На рис. I приведены фазовые траектории относительных колебаний груза при разгоне исследуемой системы, которая в начальный момент времени находилась в покое. В случае отсутствия сопротивления демпфирующего устройства фазовая траектория относительных колебаний груза, изображенная прерывистой линией, будет представлять собой окружность с центром O_{Σ} , координата которого по оси $S_{гр_отн}$ равна $\dot{S}_{\Sigma}/\rho^2$. При наличии в системе диссипативных сил фазовая траектория, изображенная на рис. I сплошной линией, будет представлять собой спираль, составленную из полуокружностей, центры которой лежат на оси $S_{гр_отн}$. Координаты центров могут быть определены из выражения $\dot{S}_{\Sigma}/\rho^2 \pm \dot{S}_g/\rho^2$, выбор знака которого определяется знаком $\dot{S}_{гр_отн}$. В работе приводится доказательство, что при $|\dot{S}_g| \geq |\dot{S}_{\Sigma}|$ масса груза, находившаяся в начальный момент в состоянии покоя относительно массы крана, не выйдет из этого положения равновесия при движении системы. То есть, выражение $|\dot{S}_g| \geq |\dot{S}_{\Sigma}|$ является по существу условием преобразования рассматриваемой двумассовой системы в одномассовую, в которой сопротивление демпфирующего устройства таково, что колебания груза относительно тележки или крана будут практически полностью исключены.

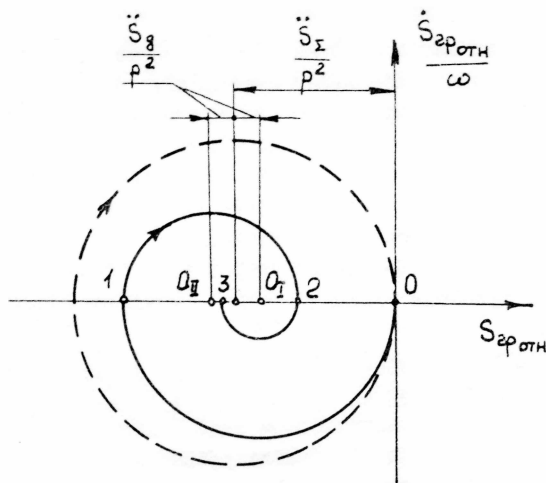


Рис. 1. Фазовые траектории вынужденных колебаний груза

В соответствии с выявленной структурой типового перегрузочного процесса работы крана были исследованы отдельные операции различных этапов и весь перегрузочный процесс в целом. При исследовании основное внимание было уделено этапам транспортировки и наведения. Выполнение других этапов было проанализировано с целью определения их начальных и конечных условий, а также методов их выполнения.

Используя положения математической теории оптимальных процессов, были построены графики изменения скорости и фазовые траектории относительных колебаний груза при оптимальном управлении операциями этапа транспортировки. На рис. 2 сплошной линией показаны график изменения скорости системы и фазовая траектория относительных колебаний груза при оптимальном управлении операцией разгона. Однако реализация процесса управления на практике осуществляется крановщиком квазиоптимально, т.е. с некоторыми отклонениями, дисперсия которых зависит от его квалификации и продолжительности выполнения конкретного элемента операции. Пример характерного графика изменения скорости системы и фазовой траектории относительных колебаний груза при квазиоптимальном управле-

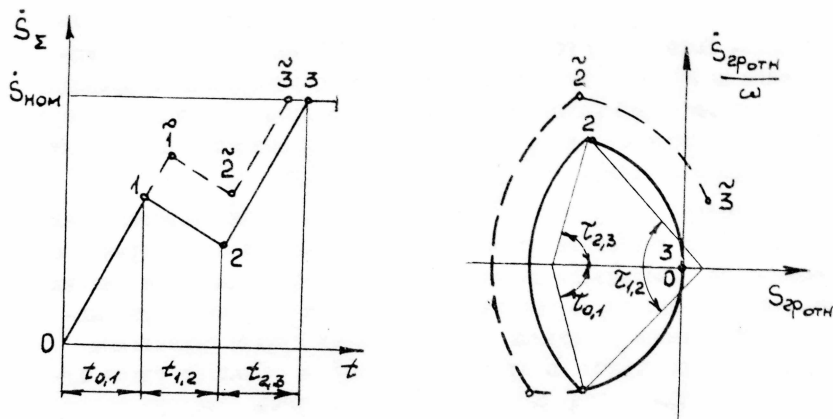


Рис. 2. Графики изменения скорости системы и фазовые траектории относительных колебаний груза при оптимальном и квазиоптимальном управлении операцией разгона.

нии показан на рис. 2 прерывистой линией. Используя геометрические зависимости полученных графиков и фазовых траекторий, были получены аналитические выражения для определения отдельных элементов и операций в целом при оптимальном и квазиоптимальном управлении этапом транспортировки. Анализ особенностей работы крана позволил сформулировать условия, определяющие выбор метода выполнения отдельных операций этапа транспортировки в зависимости от заданных параметров исследуемой системы.

Этап наведения рассматривался в работе состоящим из операций коррекции, посадки и промежуточной оценки положения системы. Определение аналитических выражений, характеризующих последовательность и продолжительность операций этапа наведения было основано на необходимости выполнения конечного условия – прохождения траектории наводимого элемента в момент его соприкосновения с объектом наведения над зоной гарантированной посадки.

Выполненное исследование с определением аналитических зависимостей, детерминирующих вариационный характер процесса управления, позволило предложить алгоритм расчета длительности

типового перегрузочного процесса работы козлового контейнерного крана при оптимальном и квазиоптимальном по быстродействию управлении. Было также установлено, что при квазиоптимальном управлении колебания груза осложняют процесс управления и приводят к увеличению числа выключений механизмов и продолжительности перегрузочного процесса, а, в конечном итоге, к снижению производительности работы крана.

В третьей главе диссертации приводится оценка возможностей использования известных способов ограничения колебаний груза, основанных на увеличении жесткости его подвеса. Наиболее очевидным решением задачи по увеличению жесткости подвески груза является применение различных конструктивных систем с жесткими связями. Однако такое конструктивное решение обладает рядом существенных недостатков. К ним, в первую очередь, следует отнести высокую материалоемкость (8-15 % от грузоподъемности крана), что приводит к увеличению расхода металла, уменьшению степени использования крана по грузоподъемности, а также к увеличению энергетических затрат на единицу массы перегружаемого груза. Поэтому в настоящее время в мировой практике проектирования козловых контейнерных кранов отдается явное предпочтение пространственным системам подвески груза с использованием стальных канатов.

при выборе перспективных систем подвески груза были рассмотрены следующие способы устранения колебаний: подтормаживание канатных блоков, расположенных на раме захвата; использование дополнительных гибких связей; применение "полужесткой" системы подвески, у которой в случае колебаний груза одна или несколько несущих ветвей каната прослабляются. на основе выполненного в работе сравнительного анализа перечисленных выше способов были разработаны две конструктивные системы (рис. 3), которые при определенных в работе величинах ускорений механизмов крана позволяют практически полностью исключить колебания груза в процессе работы.

при выборе исходных данных для расчета и последующего анализа параметров, характеризующих работу козловых контейнерных кранов, в качестве характерного примера были рассмотрены усредненные показатели циклов работы крана типа КК-5 при перегрузке среднетоннажных контейнеров.

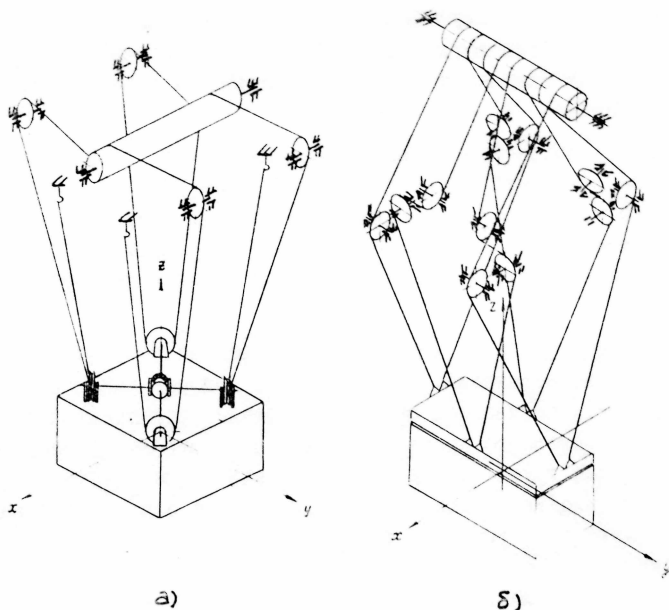


Рис. 3. Системы подвески груза
 а) с подторможенными блоками;
 б) с " V " -образной запасовкой.

На основе разработанного алгоритма типового перегрузочного процесса работы козловых контейнерных кранов был выполнен расчет 400 циклов работы крана типа КК-5 с различными системами подвески груза при погрузке и разгрузке контейнеров с платформ транспортных средств. полученные результаты расчета были обработаны с помощью методов математической статистики.

Для выполнения сравнительной оценки получены величины математических ожиданий продолжительности условного цикла и числа включений основных механизмов крана, а также их дисперсии. С целью определения достоверности полученных результатов были определены доверительные интервалы величин математических ожиданий исследуемых параметров при 95 % уровне вероятности. Для более полного представления о характере полученных данных были также определены третий и четвертый моменты, характеризующие форму теоретических кривых распределения.

при обработке результатов расчета выявлено, что распределение вариационных случайных величин времени длительности цикла хорошо подчиняется логарифмически нормальному закону, а распределение числа включений механизмов подъема и передвижения - закону Пуассона.

Анализ полученных данных показывает, что устранение или ограничение колебаний груза при работе крана КК-5 по условному циклу при квалификации крановщика III разряда позволит увеличить производительность перегрузочных работ в среднем на 10-12 % с одновременным существенным сокращением числа включений механизмов крана.

В четвертой главе диссертации приведены результаты экспериментальных исследований, основная цель которых заключалась в определении количественной оценки повышения производительности козлового контейнерного крана типа КК-5 при устранении или ограничении колебаний груза. Кроме того в задачи экспериментального исследования входило также полное техническое освидетельствование экспериментальных грузовых тележек крана КК-5 с новыми системами подвески груза, определение периодов колебаний груза при различных высотах подъема, расхода электроэнергии и интенсивности работы крановщика при различных системах подвески груза. Испытания проводились на базе серийных кранов КК-5, оборудованных грузовыми тележками с различными системами подвески груза, а именно: серийной, пространственной с подторможенными блоками (см. рис. 3а) и пространственной с "V" -образной запасовкой канатов (см. рис. 3б). Грузоподъемность на захвате, скорости подъема и передвижения у всех трех тележек были одинаковыми.

В процессе исследований регистрировались следующие показатели работы крана: продолжительность циклов работы; число включений электродвигателей механизмов подъема, передвижения крана и тележки и управления крюками захвата; скорости и ускорения передвижения крана и тележки; расход электроэнергии; углы поперечных продольных и крутильных колебаний захвата. Для регистрации колебаний захвата были использованы разработанные во ВНИИПТМАше датчик угла отклонения каната от вертикали и комплекс гироскопической аппаратуры, применение которых позволило проводить измерение амплитуд и периодов поперечных, продольных и крутильных колебаний груза при эксплуатации крана.

Определение увеличения производительности перегрузочных работ при идентичных условиях эксплуатации производилось путем сравнения длительности типовых циклов работы крана КК-5 с различными системами подвески груза. Типовые циклы работы были составлены в соответствии с принятым в теоретическом исследовании алгоритмом работы. Определение необходимого количества опытов было выполнено, исходя из предположения о возможности получения достаточно достоверной оценки при расширении в два раза теоретически полученных доверительных интервалов, что позволило сократить число опытов для каждой системы подвески до 100 циклов.

В результате сравнения было установлено, что характеристики перегрузочного процесса работы крана при различных системах подвески груза, полученные при теоретических и экспериментальных исследованиях, качественно совпадают, а величины их относительной погрешности показывают достаточно удовлетворительную сходимость. Так, например, относительная погрешность между величинами математических ожиданий продолжительности циклов работы, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях, не превышает 2,2 %.

Выполненные экспериментальные исследования позволили подтвердить теоретические выводы о сокращении числа включений механизмов крана при устранении или ограничении колебаний груза и, как следствие, сокращение от 2 до 2,8 % расхода электроэнергии и снижение интенсивности работы крановщиков.

Как показала экспериментальная проверка выбора принятых в теоретическом исследовании значений периодов колебаний грузов в зависимости от высоты подъема, относительная погрешность экспериментально полученных значений не превышает 8 %, что можно считать допустимым для выполнения сравнительной оценки влияния системы подвески груза крана на его производительность.

В заключении изложены основные результаты и выводы по работе, которые сводятся к следующему:

1. Существующие методы оценки способов повышения производительности козловых контейнерных кранов следует дополнить расчетным определением производительности или длительности перегрузочных работ с учетом их специфических условий. Полученные результаты исследований позволили поставить и решить задачу определения продолжительности перегрузочного процесса работы козловых

контейнерных кранов с учетом характеристик крана, квалификации оператора и планировки контейнерной площадки.

2. Установлено, что перегрузочный процесс работы козловых контейнерных кранов имеет типовую структуру, состоящую из отдельных операций, их элементов и этапов работы. В результате обследований ряда отечественных и зарубежных козловых контейнерных кранов были выявлены условия и методы выполнения отдельных операций, этапов и всего перегрузочного процесса в целом.

3. Основными факторами, оказывающими непосредственное влияние на производительность козловых контейнерных кранов являются: технология перегрузочных работ, величина допустимой погрешности наведения, характеристики системы подвески груза и приводов механизмов крана, а также квалификация крановщика. В результате исследования специфических особенностей работы козловых контейнерных кранов предложена количественная оценка этих факторов.

4. Выполненные теоретические исследования с использованием положений теории вероятностей, оптимального управления и инженерной психологии позволили предложить алгоритмическое описание перегрузочного процесса работы козловых контейнерных кранов.

5. Разработана методика определения длительности отдельных операций, этапов и всего перегрузочного процесса при оптимальном и квазиоптимальном по быстродействию управлении.

6. Выполнено исследование условий, при которых практически полностью исключается раскачивание подвешенного на канатах груза и выведены аналитические зависимости для их определения.

7. Предложены две конструктивные системы подвески груза козловых контейнерных кранов. Оригинальность и новизна одной из них подтверждена авторским свидетельством.

8. Выполнен теоретический расчет длительности перегрузочного процесса козлового контейнерного крана с различными системами подвески груза.

9. Разработаны и испытаны экспериментальные и опытные образцы кранов типа КК-5 с различными системами подвески груза. Подтверждены результаты теоретических исследований об улучшении показателей работы при внедрении новых систем подвески груза, а именно:

- производительность возрасла на 10-12 %;
- затраты электроэнергии снизились на 2 %;
- число включений механизмов крана сократилось на 15-40 %;
- снизилась интенсивность работы крановщика.

10. Разработаны руководящие технические материалы РТМ 24.090.67-82 "Нормы расчета и проектирования козловых электрических контейнерных кранов", в которых приведены рекомендации по выбору систем подвески грузов перспективных козловых контейнерных кранов.

11. Предложены типы и параметры перспективных козловых контейнерных кранов, которые были использованы при разработке типажа козловых электрических кранов, включая контейнерные, а также ГОСТ 24390-86 "Краны козловые электрические контейнерные. Основные параметры и размеры".

12. Результаты диссертационной работы внедрены при модернизации серийно выпускаемых козловых контейнерных кранов грузоподъемностью 5, 20 и 32 т, а также при разработке и освоении промышленного производства перспективных кранов грузоподъемностью 6,3 и 25/30,5 т. Экономический эффект от внедрения одного крана типа КК-6,3 составляет 16189 рублей при ежегодной программе их выпуска свыше 200 штук.

Основные положения диссертации изложены в следующих работах:

1. Тимофеев В.Д., Микушевич Ф.Э. Силовой анализ некоторых пространственных подвесок крановых грузозахватных устройств //Труды ВНИИПТМАШ. - 1976. - С. 20-27.

2. Микушевич Ф.Э. Некоторые результаты исследований подвесок захватов козловых контейнерных кранов// Основные направления научно-технического прогресса в создании и эксплуатации грузоподъемных кранов в условиях Дальнего Востока и Восточной Сибири: Тез. докл. III регион.конф. - Артем, 1979. - С. 85-86.

3. Микушевич Ф.Э., Палочкин В.А., Тимофеев В.Д. Перспективы развития козловых контейнерных кранов// Труды ВНИИПТМАШ. - 1980. - С. 3-11.

4. Микушевич Ф.Э. Создание и исследование полиспастной системы канатной подвески груза козлового контейнерного крана// Труды ВНИИПТМАШ. - 1980. - С. 37-44.

5. Микушевич Ф.Э. Некоторые результаты экспериментальных исследований грузовых тележек крана КК-5 с различными схемами подвеса груза// Труды ВНИИПТМАШ. - 1981. - С. 85-92.

6. Микушевич Ф.Э. Некоторые особенности расчета и проектирования козловых контейнерных кранов// Труды ВНИИПТМАШ. - 1982. - С. 3-18.

7. Микушевич Ф.Э., Отверченко А.А., Романюк В.М. Разработка нового поколения козловых контейнерных кранов, предназначенных для перегрузки среднетоннажных контейнеров// Труды ВНИИПТМАШ. 1984. - С. 90-98.

8. Микушевич Ф.Э. Козловые контейнерные краны повышенной производительности// Новое в подъемно-транспортной технике: Тез. докл. Всес. научн. конф., посвященной 60-летию кафедры "Подъемно-транспортные машины и оборудование" МВТУ им. Н.Э.Баумана - М., 1985. - С. 25-26.

9. Козловые контейнерные краны, предназначенные для перегрузки среднетоннажных контейнеров/ Ф.Э.Микушевич, А.А.Отверченко, В.Н.Рамодия и др.// Труды ВНИИПТМАШ. - 1986. - С. 56-61.

ВНИИПТМАШ

зак. 77 тир. 100 экз. Д-79570