

1' 380326

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ШКУРАТ Николай Ильич

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕКОСНЫХ НАГРУЗОК МОСТОВЫХ КРАНОВ
С РАЗДЕЛЬНЫМ ПНЕВМОПРИВОДОМ МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

Специальность 05.05.05. - Подъемное-транспортные машины

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва

1981г.

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

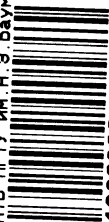
На правах рукописи

ШКУРАТ Николай Ильич

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕКОСНЫХ НАГРУЗОК МОСТОВЫХ КРАНОВ
С РАЗДЕЛЬНЫМ ПНЕВМОПРИВОДОМ МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

Специальность 05.05.05. - Подъемное-транспортные машины

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1380326

Шкурата Н.И. Исследование пе

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва

1981г.

М В Т У
им. Н. Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

Работа выполнена в Дальневосточном филиале Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-конструкторского института подъемно-транспортного машиностроения.

Научный руководитель -
кандидат технических наук, доцент Лобов Н.А.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, ст. научн. сотр. Е.В.Герц,
кандидат технических наук, ст. научн. сотр. Е.М.Концевой.

Ведущее предприятие - Бурейский механический завод.

Защита диссертации состоится " 27 " апреля 1981г. на заседании специализированного Совета К 053.15.10 Московского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища имени Н.Э.Баумана, по транспортному машиностроению по адресу: 107005, г.Москва, 2-я Бауманская ул., дом 5.

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

Автореферат разослан "24" апреля 1981г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по указанному адресу.

Ученый секретарь Специализированного совета

К.Т.Н., доцент


А.КОЛОБОВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Решениями XXIV и XXV съездов КПСС одним из основных направлений научно-технического прогресса в производстве орудий труда предусматривается создание принципиально новых машин, в наибольшей мере отвечающих условиям эксплуатации. В связи с этим для взрывоопасных производств очень важно иметь такие подъемно-транспортные машины, которые могли бы работать во всех взрывоопасных средах. Существующие электрические мостовые краны во взрывобезопасном исполнении могут работать в двенадцати взрывоопасных средах из двадцати, имеющих место в промышленности. В случае применения этих кранов в более опасных средах основная работа останавливается, производственные помещения проветриваются с целью доведения атмосферы до безопасного состояния. После выполнения подъемно-транспортных операций мостовой кран выключается и основная работа возобновляется.

В последние годы за рубежом для взрывоопасных производств начали применять мостовые краны с пневмоприводом, которые могут работать во всех взрывоопасных средах и обеспечивают регулирование скорости рабочих механизмов в широком диапазоне. Создание мостовых кранов с пневмоприводом в отечественном подъемно-транспортном машиностроении сдерживается из-за отсутствия рекомендаций по их конструированию и методам расчета. При создании мостовых кранов с пневмоприводом встает ряд инженерно-технических проблем, одной из которых является определение перекосных нагрузок для расчета на прочность металлоконструкций кранов в горизонтальной плоскости. Предложенные В.П.Балашовым, Н.А.Лобовым и др. методы определения перекосных нагрузок разработаны применительно к мостовым кранам с электроприводом и не учитывают особенностей пневмопривода. Это затрудняет их практическое применение и снижает точность прочностных расчетов.

Цель работы. Целью диссертационной работы является исследование перекосных нагрузок мостовых кранов с раздельным пневмоприводом механизма передвижения с учетом особенностей пневматических двигателей, а также разработка научно-обоснованной инженерной методики определения этих нагрузок.

Методы исследования. Вопросы, поставленные в работе, решены экспериментально-теоретическими методами.

Научная новизна. В работе проведено комплексное теоретическое

кое и экспериментальное исследование особенностей пневматического привода механизма передвижения мостового крана, в результате которого получены аналитические зависимости для выражения закона изменения динамической механической характеристики радиально-поршневого пневмодвигателя, разработана методика определения длительности подготовительного периода работы пневмопривода. С учетом динамической характеристики пневмодвигателя исследован процесс формирования перекосных нагрузок, действующих на металлоконструкцию мостового крана при нормальной работе и при работе в аварийном случае. Получена аналитическая зависимость для определения сопротивления передвижению крана от устройства для подвода к нему пневмоэнергии.

Практическая ценность. Проведенные исследования и разработанная методика определения перекосных нагрузок позволяют при проектировании обоснованно выбирать расчетные нагрузки и создавать экономичные по весу конструкции кранов. Учет дополнительного сопротивления от устройства для подвода пневмоэнергии позволяет правильно производить выбор пневмодвигателей механизма передвижения крана.

Реализация результатов работы. Результаты диссертационной работы:

а) использованы при разработке технического задания на ряд мостовых кранов с пневмоприводом грузоподъемностью 5...32/8 т, внедрение которых на предприятиях Миннефтехимпрома СССР позволит получить экономический эффект в размере около 1100 тыс.руб. в год;

б) включены в "Методику расчета мостовых кранов с пневмоприводом", применяемую в ДВ филиале ВНИИПТМАШ.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены на:

1. V -ом советско-французском симпозиуме по подъемно-транспортному оборудованию. Москва, 1974г.

2. Научно-технической конференции "Пути повышения эффективности и качества грузоподъемных машин и оборудования в условиях Дальнего Востока и Восточной Сибири". Артем, 1976г.

3. III региональной научно-технической конференции "Основные направления научно-технического прогресса в создании и эксплуатации грузоподъемных кранов в условиях Дальнего Востока и Восточной Сибири". Артем, 1979г.

4. Секции грузоподъемных машин научно-технического совета ВНИИПТМАШ. Москва, 1979г.

5. XXVI научно-технической конференции Дальневосточного политехнического института им. В.В. Куйбышева. Владивосток, 1980г.

6. Научно-технических семинарах кафедры "Подъемно-транспортные машины" МВТУ им. Н.Э. Баумана.

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 8 статьях и 2 научных отчетах.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, выводов и предложений, списка литературы и двух приложений. Она содержит 134 страницы машинописного текста, 4 таблицы, 51 рисунок, 32 страницы приложений, список литературы из 140 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении к диссертации освещается современное состояние вопроса, обосновывается актуальность рассматриваемой проблемы, формулируется цель исследования, дается общая характеристика работы.

В первом разделе, сформулированы основные требования к пневмоприводу как приводу крановых механизмов, рассмотрена область применения пневмопривода в подъемно-транспортных машинах. Показано, что на механизмах передвижения мостовых кранов целесообразно применять пневмодвигатели радиально-поршневого типа, что подтверждается многолетним опытом применения этих двигателей на горных машинах (очистные комбайны, породопогрузочные машины, самоходные вагоны и т.п.), условия работы которых подобны условиям применения мостовых кранов. Радиально-поршневые двигатели устойчиво работают в области номинальной угловой скорости выходного вала при переменной внешней нагрузке. Перевод их в тормозной режим (режим насоса или компрессора) осуществляется с помощью несложных распределительных устройств.

Областью применения пневмопривода являются взрывоопасные производства с температурой окружающей среды от плюс 5 до плюс 50°C, относительной влажностью до 97% при 35°C и запыленностью до 1000 мг/м³.

Проведен анализ радиально-поршневых пневмодвигателей, которые по сравнению с асинхронными электродвигателями имеют ряд особенностей, основными из которых являются: плавное приложение движущего момента к валу механизма; мягкая механическая характеристика, изменяющаяся по линейному закону; периодическое изменение

движущего момента на валу двигателя в течение одного оборота; наличие подготовительного периода в работе двигателя, занимающего некоторый интервал времени перед его пуском.

Второй раздел посвящен анализу исследований перекосных нагрузок мостовых электрических кранов с отдельным механизмом передвижения. В работах В.П.Балашова, Н.А.Лобова, А.С.Конопли, П.Мертенса и др. рассмотрены особенности мостовых кранов с отдельным приводом механизма передвижения, исследованы вопросы взаимодействия приводов и формирования перекосных нагрузок в периоды разгона, установившегося движения и торможения крана как при нормальной работе, так и в аварийных случаях. В результате исследований предложены методики для определения перекосных нагрузок. Наиболее приемлемыми для инженерных расчетов являются методики, предложенные В.П.Балашовым и Н.А.Лобовым.

Для определения перекосных нагрузок авторами рассматриваются расчетные случаи положения тележки без груза и с грузом возле концевой балки как при нормальной работе механизма передвижения крана (работают оба привода), так и в аварийном случае (работает один привод менее нагруженной стороны крана). Рассматривая дискретную трехмассовую схему, В.П.Балашов определяет силу перекоса и обусловленные ею боковые силы. Зависимости для определения этих сил просты и удобны для инженерного применения, их значения хорошо согласуются с данными экспериментальных исследований. Принимая дискретно-континуальную расчетную схему, на которой мост крана представлен в виде балки с равномерно распределенной массой и двумя сосредоточенными массами, Н.А.Лобов дает выражение для определения изгибающего момента в любом сечении главной балки, что позволяет более правильно подойти к учету масс крана, участвующих в упругих колебаниях моста.

Общим для всех исследователей является то, что они исходят из допущения о мгновенном приложении движущей или тормозной силы постоянной величины к разгоняемой или затормаживаемой системе. Для механизмов передвижения мостовых кранов с электроприводом такое допущение вполне приемлемо, так как переходные электромагнитные процессы в электродвигателе протекают очень быстро (сотые доли секунды) и заканчиваются к моменту начала разгона или торможения крана. Для механизмов передвижения мостовых кранов с пневмоприводом мгновенное приложение движущей или тормозной силы постоянной величины не отражает сущности работы привода, так как

переходные термодинамические процессы в пневмодвигателе имеют определенную временную длительность.

Учитывая сказанное, основная цель работы сводится к решению следующих задач:

а) исследованию особенностей пневмопривода, включая вопросы определения зависимости давления питания пневмодвигателя от угла поворота рукоятки управления, нахождения длительности подготовительного периода работы пневмопривода и установления закона изменения механической характеристики пневмодвигателя;

б) исследованию формирования перекосных нагрузок при нормальной работе крана и работе в аварийном случае с учетом закона изменения динамической характеристики пневмодвигателя;

в) разработке инженерной методики определения перекосных нагрузок, действующих на металлоконструкцию мостового крана.

В третьем разделе исследуются особенности пневматического привода. Установлено, что если давление управления, которое подводится к клапану регулирования скорости (КРС), линейно зависит от угла поворота рукоятки управления, то давление питания на выходе из КРС, при постоянном давлении воздуха в магистрали, также изменяется по линейному закону и выражается зависимостью

$$P_n = P_m \left(\frac{P_e F_{эм}}{\alpha h c_{пр}} \psi - \frac{N_0}{h c_{пр}} - \frac{F_{эк}}{h c_{пр}} P_m \right), \quad (I)$$

где P_m, P_e — избыточное давление воздуха в магистрали и пневмоемкости управления; $F_{эм}, F_{эк}$ — эффективная площадь мембраны и рабочей камеры КРС; α, ψ — предельное и текущее значение угла поворота рукоятки управления; h — максимальный ход жесткого центра КРС; $c_{пр}$ — приведенный коэффициент жесткости пружины и сил фонов КРС; N_0 — усилие начального сжатия пружины.

Показано, что подготовительный период работы пневмопривода включает время: t_1 — на перевод рукоятки управления на некоторый угол, определяющий начало открывания КРС; t_2 — распространения волны сжатого воздуха от пневмоемкости системы управления до КРС; t_3 — нарастания давления управления в надмембранной камере КРС до величины, при которой КРС начинает открываться; t_4 — распространения волны сжатого воздуха от КРС до пневмодвигателя; t_5 — нарастания давления питания в рабочих камерах пневмодвигателя до величины, при которой двигатель начинает вращаться, т.е.

$$T_n = \sum_{i=1}^{i=5} t_i. \quad (2)$$

Исследование отдельных составляющих времени подготовительного периода позволило сделать вывод о том, что интервалами времени t_4 и t_5 можно пренебречь, так как они на один-два порядка меньше других составляющих.

Время на перевод рукоятки управления определяется из выражения

$$t_1 = \frac{\alpha (N_0 + F_{ЭК} P_M)}{P_e F_{ЭМ} \omega_y}, \quad (3)$$

где ω_y - угловая скорость перевода рукоятки управления.

Время распространения волны сжатого воздуха от пневмоемкости системы управления до КРС равно

$$t_2 = \frac{l}{a}, \quad (4)$$

где l - длина воздухопровода; a - скорость звука.

Время нарастания давления управления в камере КРС определяется по зависимости, предложенной Е.В.Герц для пневматических устройств одностороннего действия. В этом случае t_3 равно:

для надкритического режима наполнения

$$t_3^* = \frac{F_{ЭМ} X_{0M}}{K f_3 K_* \sqrt{R T_e}} (Y_2 - Y_1); \quad (5)$$

для подкритического режима наполнения

$$t_3 = \frac{2 F_{ЭМ} X_{0M}}{(K+1) f_3 K \sqrt{R T_e}} \left(\sqrt{1 - Y_1^{\frac{K-1}{K}}} - \sqrt{1 - Y_2^{\frac{K-1}{K}}} \right), \quad (6)$$

где X_{0M} - начальное смещение мембраны КРС; K - показатель адиабаты; f_3 - эффективная площадь отверстия для входа воздуха в камеру КРС; R - газовая постоянная; T_e - абсолютная температура воздуха в пневмоемкости управления; K_* , K - постоянные коэффициенты надкритического и подкритического режимов наполнения;

Y_1, Y_2 - безразмерные величины, характеризующие отношение начального и конечного давлений воздуха в камере КРС к давлению управления.

В разделе также рассмотрен переходный период работы пневмодвигателя. Рассмотрев совместно уравнения рабочих процессов

пневмодвигателя с уравнением его движения, на ЭВМ ЕС-10-20 решена задача по установлению закона изменения динамической механической характеристики. Анализ решения показал следующее. Динамическая механическая характеристика пневмодвигателя может быть представлена двумя участками. На первом участке значение движущего момента нарастает от нуля до максимального значения по линейному закону, причем максимум движущего момента оказывается несколько ниже пускового момента, соответствующего статической механической характеристике. Это снижение равно примерно 10%. На втором участке динамическая характеристика имеет колебательный характер, при этом количество пульсов движущего момента за один оборот вала равно количеству рабочих цилиндров. Среднее значение динамической характеристики на втором участке совпадает со статической механической характеристикой. Среднее значение движущего момента в функции частоты вращения выходного вала двигателя можно аппроксимировать следующими выражениями:

на участке нарастания момента

$$M = \frac{K_1(a_0 - 1)M_n}{(1 - K_1)\omega_n} \omega, \quad 0 \leq \omega \leq \omega_n; \quad (7)$$

на участке уменьшения момента

$$M = M_n \left[a_0 - \frac{\omega}{\omega_n} (a_0 - 1) \right], \quad \omega_n < \omega \leq \omega_c, \quad (8)$$

где M_n - номинальный крутящий момент; a_0 - кратность пускового момента номинальному; ω, ω_n - текущая и номинальная частоты вращения вала двигателя; K_1 - коэффициент, учитывающий снижение пускового динамического момента $M_{п.дин}$ по сравнению со статическим; ω_n, ω_c - частоты вращения вала двигателя соответственно при $M = M_{п.дин}$ и $M = M_c$ (M_c - момент статического сопротивления передвижению крана):

$$\omega_n = \omega_n \frac{a_0(1 - K_1)}{a_0 - 1}; \quad \omega_c = \frac{\omega_n(M_n \cdot a_0 - M_c)}{M_n(a_0 - 1)}.$$

Движущий момент двигателя в функции времени определяется выражениями:

на участке нарастания момента.

$$M = B_1 t, \quad 0 \leq t \leq t_n; \quad (9)$$

на участке уменьшения момента

$$M = K_1 a_0 M_H \left(1 + \frac{\beta_2}{\beta_1}\right) - \beta_2 t, \quad t_n < t \leq t_c, \quad (10)$$

где t - время; β_1, β_2 - коэффициенты жесткости динамической характеристики, выбираются по номограмме в зависимости от коэффициента загрузки двигателя; t_n, t_c - время нарастания движущего момента до значения, соответствующего пусковому динамическому моменту, и время уменьшения движущего момента до значения, равного моменту сопротивления передвижению крана

$$t_n = \frac{K_1 a_0 M_H}{\beta_1}; \quad t_c = \frac{K_1 a_0 M_H \left(1 + \frac{\beta_2}{\beta_1}\right) - M_c}{\beta_2}.$$

В четвертом разделе исследуются перекосные нагрузки мостовых кранов с пневмоприводом, механизмы передвижения которых выполнены по раздельной схеме. С точки зрения перекосного нагружения металлоконструкции в горизонтальной плоскости наиболее неблагоприятным случаем является нахождение тележки с грузом вблизи одной из концевых балок. В этом случае сопротивления передвижению левой и правой сторон крана различны, получается несимметричная схема нагружения механизма передвижения. В результате анализа осциллограммы экспериментального исследования динамических нагрузок в элементах крана для теоретического исследования приняты две дискретные расчетные схемы - пятимассовая и трехмассовая. В пятимассовой модели мост крана представлен двумя сосредоточенными массами m_1 и m_2 , соединенными между собой упругим невесомым стержнем с коэффициентом жесткости C_{II} . Динамические свойства механизма передвижения каждой стороны крана учитываются приведенной массой привода $m_{п1}$, которая через упругую связь с коэффициентом жесткости C_I присоединяется к массам m_1 и m_2 . Динамические свойства груза задаются массой груза $m_{г1}$, присоединенной через упругий элемент с "коэффициентом жесткости" $C_{г1}$ к массе m_2 . В трехмассовой модели приведенная масса привода $m_{п1}$ прибавляется к массам m_1 и m_2 . Силы сопротивления передвижению крана определяются по общеизвестной методике, но дополнительно учитывается сопротивление от устройства для подвода пневмоэнергии к крану, которое определяется по формуле

$$W_{у.п.} = (1 - K_2) \left(l_{рук} - l_1 - \frac{\pi D_p}{2} - \frac{H + D_p}{2} \right) \gamma f,$$

где $l_{рук}$ - общая длина воздухоподводящего рукава; l_1 - минимальное расстояние между приемным коллектором и осью барабана;

D_p - расчетный диаметр барабана; H - расстояние между осями приемного коллектора и клапана включения питания на кране; K_2 - коэффициент, учитывающий величину усилия, возвращающего устройство в исходное положение; γ - вес единицы длины рукава; f - коэффициент трения скольжения рукава по галерее.

Движущие силы пневмодвигателей приводятся к окружностям колес крана. Исследование перекосных нагрузок производится при рассмотрении процесса разгона и торможения крана с грузом как при нормальной работе, так и работе в аварийном случае (работает только двигатель менее нагруженной стороны крана). Движение пятимассовой системы описывается уравнениями

$$\left. \begin{aligned} m_{п1} \ddot{x}_{п1} &= P_1 - C_1 (x_{п1} - x_1) \\ m_{п1} \ddot{x}_{п2} &= P_2 - C_1 (x_{п2} - x_2) \\ m_1 \ddot{x}_1 &= C_1 (x_{п1} - x_1) - C_n (x_1 - x_2) - W_1 \\ m_2 \ddot{x}_2 &= C_n (x_1 - x_2) + C_1 (x_{п2} - x_2) - C_{2p} (x_2 - x_{2p}) - W_2 \\ m_{2p} \ddot{x}_{2p} &= C_{2p} (x_2 - x_{2p}) \end{aligned} \right\} \quad (II)$$

где P_1, P_2 - движущие или тормозные приведенные усилия приводов соответствующих сторон крана; W_1, W_2 - силы сопротивления сторон крана; $x_{п1}, x_{п2}, x_1, x_2, x_{2p}$ - абсолютные перемещения соответствующих масс. Сила перекоса моста крана равна $S_n = C_n (x_1 - x_2)$.

Процесс развития усилий в несущих элементах складывается из нескольких стадий, каждая из которых описывается некоторым количеством уравнений системы (II). При рассмотрении аварийного случая работы принимается $P_2 = 0$.

В результате теоретических исследований установлено, что на формирование силы перекоса оказывают влияние главным образом упругие колебания моста, менее сильно влияют колебания груза, а упругие колебания механизма влияют в малой степени. На этом основании можно пренебречь колебаниями механизма и принимать в расчетной схеме элементы трансмиссии абсолютно жесткими, т.е. определять перекосные нагрузки из рассмотрения дискретной трехмассо-

вой схемы. Движение системы в этом случае описывается системой уравнений

$$\left. \begin{aligned} m'_1 \ddot{x}_1 &= P_1 - C_n (x_1 - x_2) - W_2 \\ m'_2 \ddot{x}_2 &= P_2 + C_n (x_1 - x_2) - C_{2p} (x_1 - x_2) - W_2 \\ m_{2p} \ddot{x}_{2p} &= C_{2p} (x_2 - x_{2p}) \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

где m'_1, m'_2 - массы левой и правой сторон крана с учетом приведенных масс приводов.

Задача также решается в несколько стадий. В аварийном случае $P_2 = 0$. Движущие условия приводов могут быть заданы как в функции частоты вращения вала двигателя, так и в функции времени. Как показали экспериментальные исследования, для пневмопривода характерно некоторое рассогласование во времени включения приводов t_3 противоположных опор, причем раньше в работу включается привод менее нагруженной стороны крана, по этой причине удобнее движущие усилия приводов задавать в функции времени и учитывать t_3 . В разделе также показан переход от силы перекоса к боковым силам, действующим на колеса крана.

Анализ теоретических исследований показал, что:

- сила перекоса имеет минимальное значение в случае одновременного включения пневмодвигателей в работу, т.е. когда $t_3 = 0$. По мере увеличения времени t_3 увеличивается и сила перекоса. В аварийном случае, когда $t_3 = \infty$, сила перекоса примерно в 1,8 раза выше ее значения для случая нормальной работы;
- максимальная сила перекоса как при пуске, так и при торможении крана возникает в момент максимального отклонения каната от вертикали;
- уровень динамического нагружения металлоконструкции мостового крана с пневмоприводом примерно на 25-30% ниже уровня нагружения металлоконструкции крана с электроприводом;
- боковые силы, действующие на колеса левой и правой сторон крана пропорциональны давлениям этих колес на подкрановый путь.

В пятом разделе приведено описание опытного образца мостового крана с пневмоприводом грузоподъемностью 5 т, а также изложены методика и результаты экспериментальных исследований. Для получения полной картины взаимодействия приводов и металлоконструкции крана на осциллограммах записывались крутящие моменты быстроходных валов левого и правого приводов, скорости передвижения левой и правой сторон крана, давление воздуха в системе

управления и питания левого и правого двигателей, а также угол отклонения рукоятки управления от нулевого положения. Непосредственное определение силы перекоса не представляется возможным, поэтому замерялись боковые силы на всех колесах крана, которые затем сопоставлялись с теоретическими, полученными в результате перехода от силы перекоса к боковым силам. Экспериментальной проверке подвергались случаи положения тележки без груза и с грузом вблизи концевой балки. Режимы управления предусматривали форсированный разгон и торможение, плавный разгон и торможение, торможение противовключением.

Эксперименты полностью подтвердили теоретические выводы и правильность разработанной методики расчета перекосных нагрузок, относительная ошибка расчета не превышает 9%. Длительность подготовительного периода работы пневмопривода при различных режимах нагружения и управления составляла 0,6 - 1,35 с, расхождение с теоретическими данными не превышает 28%. Крутящие моменты быстроходных валов механизма передвижения изменяются по такому же закону, как и на динамической характеристике пневмодвигателя. Пусковой момент пневмодвигателя, полученный экспериментально, на 5-10% меньше пускового момента, полученного теоретически. Пневмодвигатели левой и правой сторон крана включаются в работу с рассогласованием во времени до 0,3 с, наиболее часто оно равно 0,1-0,15 с. Система управления пневмоприводами не требует добавочных устройств синхронизации при работе раздельного пневматического привода и обеспечивает степень регулирования скорости передвижения крана 1:8.

В приложении приведены методика расчета перекосных нагрузок мостовых кранов с пневмоприводом, программа для ЭЦВМ 15ВСМ-5 вычисления перекосных нагрузок, а также расчет экономического эффекта от внедрения мостовых кранов с пневмоприводом грузоподъемностью 5...32/8 т.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

I. Существующие в краностроении методы расчета перекосных нагрузок, действующих на металлоконструкцию мостовых кранов с раздельным электроприводом механизма передвижения, не учитывают особенностей пневматического привода. Распространение этих методов на мостовые краны с пневмоприводом приводит к завышению расчетных нагрузок и, следовательно, к увеличению металлоемкости

кранов.

2. На механизмах передвижения мостовых кранов с пневмоприводом целесообразно применять радиально-поршневые пневмодвигатели, достаточно хорошо освоенные в изготовлении и эксплуатации, надежно работающие с большим числом включений под нагрузкой, частым реверсированием и резкими остановками.

3. Показано, что пневмопривод по сравнению с электроприводом имеет ряд особенностей, основными из которых являются:

- плавное приложение движущего или тормозного момента двигателя к валу механизма;
- мягкая механическая характеристика;
- периодическое изменение движущего момента на валу пневмодвигателя, обусловленное переменным значением давления воздуха в рабочих камерах и передаточного отношения кривошипно-шатунного механизма, приводящего в движение вал;
- достаточно высокие регулировочные возможности пневмодвигателя, позволяющие регулировать скорость механизма передвижения крана в диапазоне 1:8.

4. Установлено, что для пневмопривода характерно наличие подготовительного периода, охватывающего интервал времени от начала перевода рукояти управления до начала вращения пневмодвигателя. Получены формулы, позволяющие определить отдельные составляющие времени подготовительного периода.

5. Теоретически разработана и решена задача по определению динамической механической характеристики радиально-поршневого пневмодвигателя. Установлено, что динамическая характеристика может быть представлена двумя участками. На первом участке движущий момент нарастает от нуля до максимального значения по линейному закону, причем максимум движущего момента оказывается несколько меньше пускового момента, соответствующего статической характеристике. На втором участке движущий момент уменьшается до значения момента сопротивления передвижению крана. Получены формулы для выражения движущего момента на обоих участках динамической характеристики.

6. Показано, что в отличие от мостовых кранов с электроприводом кран с пневмоприводом при передвижении преодолевает дополнительное сопротивление от устройства для подвода к ним пневмоэнергии. Для определения этого сопротивления предложена формула.

7. Сформулирована и решена задача определения перекосных нагрузок мостовых кранов с пневмоприводом с учетом динамической характеристики пневмодвигателя. Обоснована возможность упрощения задачи об определении перекосных нагрузок. Показано, что сила перекоса главным образом зависит от колебания моста и в меньшей мере от колебания груза, а упругие колебания механизма влияют в малой степени, как и в кранах с электроприводом. Максимального значения сила перекоса достигает при пуске или торможении крана в момент наибольшего отклонения каната от вертикали. В аварийном случае перекосная нагрузка на металлоконструкцию крана увеличивается в 1,8 раза по сравнению с нормальным случаем работы.

8. Разработана инженерная методика расчета перекосных нагрузок при пуске и торможении мостовых кранов с пневмоприводом с учетом особенностей пневмодвигателей. Составлены программы для вычисления на ЭЦВМ ИБСМ-5 перекосных нагрузок для нормального и аварийного случаев работы крана.

9. Для экспериментального исследования перекосных нагрузок создан опытный образец крана с пневмоприводом г.п. 5 т. Разработана методика определения перекосных нагрузок. Сравнение расчетных значений перекосных нагрузок с экспериментальными подтвердило применимость предлагаемой методики.

10. На основе результатов, полученных в настоящей работе, по заказу Миннефтехимпрома СССР разработано техническое задание на ряд мостовых кранов с пневмоприводом грузоподъемностью 5-32/8т.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Шкурат Н.И. Динамические нагрузки мостового крана с пневмоприводом при его передвижении. - Труды Читинский политехнический институт, 1980, вып.6, с.68-77.
2. Шкурат Н.И. Переходные процессы в пневмодвигателе механизма передвижения мостового крана. - В кн.: 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.72-77.
3. Шкурат Н.И. Подготовительный период пневмопривода механизма передвижения крана. - В кн.: 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.67-71.
4. Шкурат Н.И., Амаяга В.Н. Системы управления механизмами крана с пневматическим приводом. В кн.: Исследование крановых металлоконструкций. Пневмо-, гидро- и электрооборудование. Эргономика. - М.: ВНИИТЭИТЯЖМАШ, 1980. - с.91-106.
 5. Шкурат Н.И., Амаяга В.Н. Регулирование давления питания пневмоприводов крановых механизмов. - В кн.: 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.62-66.
 6. Шкурат Н.И. Методика экспериментального исследования динамических нагрузок мостового крана с пневмоприводом. Реферативный сборник/ЦНИИТЭИТЯЖМАШ, 1980, вып.6-80-20, с.5-7.
 7. Шкурат Н.И. Экспериментальные исследования динамических нагрузок мостового крана с пневмоприводом. Реферативный сборник/ЦНИИТЭИТЯЖМАШ, 1980, вып.6-80-20, с.7-10.
 8. Амаяга В.Н., Шкурат Н.И. Мостовой пневматический кран грузоподъемностью 5 т во взрывобезопасном исполнении. Реферативный сборник/ЦНИИТЭИТЯЖМАШ, 1980, вып. 6-80-21, с. 1-4.
 9. Свидетельство на промышленный образец № 632I(СССР). Пульт управления пневматический/ДВ филиал ВНИИПТМАШ, ДВ филиал ВНИИТЭ; Авт. Н.И.Шкурат, В.Н.Амаяга, П.П.Гуркин и др. - Заявл. 7.01.76, № 12866, Опубл. в Б.И., 1976, № 5.
 10. Положительное решение от 31.08.79 на заявку на изобретение. Устройство для управления механизмом передвижения мостового крана с пневматическим приводом/ДВ филиал ВНИИПТМАШ. Авт.изобрет. В.Н.Амаяга, Н.И.Шкурат, - Заявл. 20.06.78, № 263I714/29-11(089892). МКБ В66С 13/20.