

УДК 621.83.52

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ КРАНОМ НА ОСНОВЕ ПОВЫШЕНИЯ СТЕПЕНИ ЕГО АВТОМАТИЗАЦИИ

*Підвищення продуктивності вантажо-підйомних кранів здійснюється за рахунок автоматизації технологічного процесу переміщення вантажів. По вихідних даних параметрах конкретного вантажу і дороги руху програма, що управляє, контролює протікання кожної технологічної операції*

*Ключові слова: продуктивність, технологічний процес, автоматизація*

*Повышение производительности грузоподъемных кранов осуществляется за счет автоматизации технологического процесса перемещения грузов. По исходным данным параметрам конкретного груза и пути движения управляющая программа контролирует протекание каждой технологической операции*

*Ключевые слова: производительность, технологический процесс, автоматизация*

*The increase of the productivity of loadings cranes is carried out due to automation of technological process of moving of loads. On these initial parameters of concrete load and way of motion control program controls flowing of every technological operation*

*Key words: productivity, technological process, automation*

**Н. В. Климченкова**

Кандидат технических наук, доцент\*

Контактный тел.: 8 (0626) 41-68-93; 8 (0626) 46-66-46

**Т. В. Кириенко**

Ассистент\*

Контактный тел.: 8 (0626) 41-68-93; 8 (0626) 45-02-63

**И. П. Кутковой**

Ассистент\*

Контактный тел.: 8 (0626) 41-68-93

\*Кафедра «Электромеханические системы автоматизации»

Донбасская государственная машиностроительная академия

## 1. Постановка проблемы

На одну технологическую производственную операцию приходится до 15 различных транспортных операций по перемещению грузов.

В настоящее время машинный парк пополнился новыми и модернизированными моделями кранов иностранного производства. Модели отличаются усложненными конструктивными элементами, насыщены автоматикой и электроникой. Однако, кран должен технически и экономически соответствовать конкретным условиям производства работ. До 90% кранов имеют истекающий срок службы. Поэтому традиционные способы перемещения грузов неэффективны.

Основным показателем работы крана является производительность. Особенность перемещения грузов такова, что повышение производительности за счет сокращения длительности рабочих движений невозможно, так как при этом возрастает уровень динамической напряженности крана. Проблему решит система

управления краном, которая автоматизирует технологический процесс перемещения грузов. Необходимо выявить последовательность и закономерности выполнения рабочих движений по перемещению грузов, поддерживать их в течение выполнения всего объема работ. Автоматизация технологического процесса приведет в соответствие технико-экономических характеристик крана конкретным условиям производства.

## 2. Объект и предмет исследования

За объект исследования принят технологический процесс перемещения грузов краном типа МКГ-25.01 (монтажный кран на гусеничном ходу). На этой модели у каждого механизма – индивидуальный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Это кран грузоподъемностью – 25 т. Оснащен основной стрелой длиной 12,5 м. Скорость подъема (опускания) главного крюка – 0,37...7,3 м/мин. Частота вращения платформы вокруг

оси – 0,3...1 мин<sup>-1</sup>. Скорость передвижения крана – 0,86 км/ч [1]. Предмет исследования – технологические операции вертикального перемещения грузов, их параметры и автоматическое управление этими параметрами. Микропроцессорная система управляет электродвигателями отдельных механизмов, просчитывая параметры движения. Такой подход к управлению перемещением грузов оптимизирует технологический процесс.

### 3. Цель и задачи исследования

Цель исследований – повышение степени автоматизации технологического процесса перемещения грузов краном. Для осуществления поставленной цели должен быть решен ряд задач: 1) проанализировать техпроцесс перемещения груза и выявить закономерность выполнения рабочих движений техпроцесса; 2) определить пути совершенствования способов перемещения грузов; 3) повысить производительность крана за счет совершенствования системы управления, которая позволит исключить раскачивание груза при подъеме и повторные включения двигателя поворота платформы и изменения угла наклона стрелы к горизонту; 4) обеспечить осуществление процесса автоматизированного точного позиционирования системой управления крана; 5) ввести в микропроцессорную систему исходные данные по этапам движения груза, увязать всю аппаратуру в единую систему управления краном.

### 4. Способы решения поставленных задач.

На всех этапах движения груза краном имеется взаимосвязь, нарушение на одном этапе приводит к нарушению нормального хода технологического процесса. Каждая технологическая операция механизмов крана состоит из трех периодов: пуск в ход (разгон); установившееся движение; период замедления или остановки в результате торможения. Все движения по управлению краном машинист должен выполнять плавно (без рывков). Это зависит от его навыков и умений. При подъеме или опускании груза силы инерции отклоняют канат с грузозахватным приспособлением от вертикального отвесного положения, раскачивают его. В это время возникают статические и динамические силы. При этом снижается точность позиционирования грузов, увеличивается вероятность аварийных ситуаций.

Колебания груза вызывают недопустимые перегрузки. Для этого на кранах предусмотрены ограничители грузоподъемности и грузового момента. Они должны автоматически отключить механизмы подъема груза, изменения вылета стрелы, вращения платформы крана, если груз на крюке при данном вылете стрелы превосходит 110% грузоподъемности [1]. Имеют возможность опускания груза или механизмов, что снижает величину грузового момента. Все это ухудшает технико-экономические характеристики крана. В этом случае на первый план выступают методы измерения параметров движения – методы электротензометрии. Измеряют истинные значения сил, действующих на отдельные элементы конструкции крана, ускорений при их перемещениях, скоростей перемещения, деформаций деталей под действием приложенных сил. Использование

этих методов в единой системе управления краном даст возможность строить заградительные характеристики и определять текущий вес груза.

Раскачивание груза неизбежно при переходе на пониженную скорость, если нет отвесного положения. Известные способы вертикального перемещения грузов с помощью механизмов грузоподъемных кранов включают подготовительные технологические операции поворота платформы, изменения вылета стрелы, вертикального перемещения каната с грузозахватным приспособлением, крепления груза на грузозахватном приспособлении; основную операцию по вертикальному перемещению груза путем включения электродвигателя механизма подъема груза; последующие операции по горизонтальному и вертикальному перемещению груза в заданное место [2,3]. При этих способах отвесное положение каната по отношению к плоскости размещения центра тяжести груза определяется крановщиком визуально. Визуальное определение отвесного положения каната следует исключить. Задача решается за счет осуществления дополнительных технологических операций по определению угла отклонения нити каната от отвесного положения и ликвидации этого угла перемещениями платформы и стрелы с использованием устройства (датчика) отвесного положения каната [2]. Вертикальное перемещение груза проводят в два этапа. На первом – проводят выбор слабины каната и люфта в кинематической передаче до натяжения каната под действием силы веса груза на низкой (ползучей) частоте вращения ротора. Поэтому необходимо использование датчика длины смотанного каната. Определяет время разгона двигателя на ползучей скорости. Можно установить его на грузовой лебедке или оголовке стрелы. На втором этапе плавно повышают частоту вращения до номинальной. Далее перемещение груза осуществляют по известной технологии.

Расчет отклонений и их ликвидация позволяют изменить последовательность переходных режимов с установившимися: разгон – отклонение, торможение – отклонение, установившееся движение. При торможении будем иметь аналогичную последовательность. Тем самым обеспечатся оптимальные условия движения груза на этих этапах. Поддерживать эти условия должна управляющая программа.

Рассмотрим изменение производительности крана типа МКГ-25.01 с обычным технологическим процессом перемещения грузов и того же крана с автоматизированным технологическим процессом при монтаже железобетонных конструкций открытой эстакады.

### 5. Влияние исключения раскачивания на производительность крана.

При монтаже сборных железобетонных конструкций открытой эстакады используют монтажный кран на гусеничном ходу типа МКГ-25.01. Масса элементов (колонн) составила 12 т. Высота подъема 10,5 м.

Производительность крана зависит от трех составляющих: от технических параметров (грузоподъемности, скорости подъема стрелы и груза, поворота и передвижения), мастерства рабочих (крановщика, стропальщиков, монтажников), подготовленности фронта работы.

Время одного цикла на установке колонн складывается из следующих операций, перечень которых с указанием времени выполнения и другими техническими параметрами крана, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики крана

Технические показатели	МКГ-25.01
Длина основной стрелы, м	12,5
Скорость подъема (опускания) крюка при работе основной стрелой, м/мин:	
минимальная	0,9
максимальная	6
Частота вращения поворотной части, мин <sup>-1</sup>	0,56
Скорость передвижения минимальная, км/ч	0,75
Вылет крюка минимальный, м	3,8
Время одного цикла на установке колонн, мин:	
подготовка к подъему и строповке	13
подъем колонны и ее оттяжки	11
установка колонны в проектное положение	6
забивка клиньев	12
выверка и регулировка временного крепления расчалками	3
расстроповка	2
Высота подъема стрелы, м	12

Производительность крана зависит от трех составляющих: от технических параметров, мастерства рабочих, подготовленности фронта работы. Рассчитаем техническую  $P_t = 0,85 \cdot Q \cdot k_2 \cdot n$  и эксплуатационную  $P_э = P_t \cdot T_{см} \cdot k$  производительности крана с обычным технологическим процессом перемещения грузов, где  $Q$  – грузоподъемность крана при данном вылете крюка, т;  $k_2$  – коэффициент использования крана по грузоподъемности;  $n$  – число циклов;  $T_{см}$  – продолжительность смены, ч;  $k$  – коэффициент использования кранов по времени в смену.

Определим необходимое число циклов, необходимых для выполнения всех рабочих движений по перемещению груза (начиная от захвата поднимаемого груза и до возвращения крана в исходное положение):  $n = \frac{60}{T_{ц}}$ , где  $T_{ц}$  – общее время цикла включает в себя ручное и машинное время, мин. Общее время цикла определяем по формуле:  $T_{ц} = T_1 + T_2 + T_3 + T_m + T_p$ , где  $T_1$  – время на подъем груза и опускание крюка;  $T_2$  – поворот с грузом на 180° и обратно;  $T_3$  – переход крана на следующую стоянку;  $T_m$  – переключение крана (на одно переключение по нормам уходит 15 с, при монтаже приходится делать примерно 15 переключений);  $T_p$  – ручное время (строповка, наводка). Находим составляющие общего времени цикла: на подъем груза и опускание крюка уйдет время –  $T_1 = h / v_{\min} + v_{\max} / 2$ , где  $h$  – расстояние, на которое должен переместиться груз, м;  $v_{\min}$  и  $v_{\max}$  – минимальная и максимальная скорости при подъеме и опускании (взяты из табл.1). Таким образом имеем, что  $T_1 = 21 / (0,9 + 6) / 2 = 6,1$  [мин]; на поворот с грузом расходуется время –  $T_2 = \frac{1}{n_n}$ , где  $n_n$  – частота вращения поворотной части (взята из табл.1).  $T_2 = 1 / 0,56 = 1,8$  [мин]; на переход на следующую стоянку кран потратит время –  $T_3 = 1 / v_{\text{пер}}$ , где 1

– длина передвижения,  $v_{\text{пер}}$  – скорость передвижения (взята из табл.1), м/мин.

$T_3 = 15 / (750 : 60) = 1,2$  [мин]; на переключение крана  $T_m = 3,7$  [мин] (по нормам); на строповку, наводку  $T_p = 34$  [мин] (по нормам). Тогда общее время цикла составит:  $T_{ц} = 6,1 + 1,8 + 1,2 + 3,7 + 34 = 46,8$  [мин]. Полученную величину общего времени цикла подставляет в выражение:  $n = 60 / 46,8 = 1,283$ . Техническая производительность:  $P_t = 0,85 \cdot 25 \cdot 0,48 \cdot 1,283 = 13,07$  [т/ч]. Эксплуатационная производительность:  $P_э = 13,07 \cdot 8,2 \cdot (4,9 / 8) = 65,67$  [т/смену].

У того же крана, в котором повышена степень автоматизации технологического процесса перемещения грузов за счет внедрения выше предложенных способов и устройств, большинство составляющих будут улучшены. Время на подъем груза и опускание крюка находим по выражению –  $T_1 = h / v_{\max} = 21 / 6 = 3,5$  [мин]. Время на поворот крана с грузом на 180° и обратно не изменится –  $T_2 = 1,8$  [мин]. Время на переход крана на следующую стоянку –  $T_3 = 1,2$  [мин]. Существенное изменение будет иметь время на переключение крана. По нормам на одно переключение уходит до 15 [с], в которое входит время на получение реакции крановщика. При автоматическом переключении контактов электрооборудования крана не учитывают реакцию крановщика. Время на переключение –  $T_m = 15 \cdot 0,05 = 0,75$  [сек] = 0,013 [мин]. Ручное время сократится из-за более точного позиционирования груза –  $T_p = 33$  [мин]. Общее время цикла –  $T_{ц} = 3,5 + 1,8 + 1,2 + 0,013 + 33 = 39,51$  [мин]. Число циклов –  $n = 60 / 39,51 = 1,518$ . Техническая и эксплуатационная производительности:  $P_t = 0,85 \cdot 25 \cdot 0,48 \cdot 1,518 = 15,49$  [т/ч];  $P_э = 15,49 \cdot 8,2 \cdot (4,9 / 8) = 77,79$  [т/смену].

Таким образом, за счет сокращения времени рабочего цикла с 46,8 мин до 39,51 (на 16 %) мин удалось повысить производительность крана. Для сокращения времени были увеличены скорости крана, с учетом колебаний груза система управления краном будет контролировать остальные параметры перемещения груза по разработанной управляющей программе. Тогда груз не будет отклоняться сильно в сторону, и рабочий, принимая груз, не подвергается опасности. При этом не возникает необходимости увеличивать мощность крана и утяжелять его конструкцию, чтобы противостоять дополнительным динамическим нагрузкам. Расчет производительности кранов используют при их технико-экономической оценке.

## 6. Выводы и рекомендации

1). Необходим переход от ручного управления к полуавтоматическому и автоматическому, т.е. повышение степени автоматизации процесса перемещения грузов. Для этого необходима бортовая микропроцессорная система управления краном. Она позволит осуществить такой переход. Кроме того сможет диагностировать регламентные работы и определять вид ремонта крана. В связи с чем будет возможно повышение качества выполняемых работ за счет автоматизированного позиционирования.

2). Система управления с программным обеспечением окажет значительное влияние на сокращение машинного времени, снизит влияние человеческого фактора и будет регулировать параметры перемещения

грузов. Крановщик включает электродвигатель. Система управления подает команды механизмам крана на выполнение задания, наблюдает за их работой, рассчитывает параметры движения и корректирует их.

3). Применена система электропривода ТПЧ-АД с короткозамкнутым ротором при индивидуальном преобразователе частоты у каждого двигателя.

4). Ограничение по допустимым скоростям движения отдельных механизмов крана ведут к ограничению ускорений и замедлений.

5). Безопасная эксплуатация крана и исключение аварийных ситуаций требуют введения в систему некоторых текущих параметров.

6). Автоматизация перемещения грузов повысит долговечность и эксплуатационную надежность кранов.

□                      □

*Аналитичним методом визначаються моменти сил пружності в пружних зв'язках трьохмасової механічній системі з урахуванням маси направляючого шкива*

*Ключові слова: динаміка, диференціальні рівняння, аналітичне рішення, осцилограми*

---

*Аналитическим методом определяются моменты сил упругости в упругих связях трехмассовой механической системе с учетом массы направляющего шкива*

*Ключевые слова: динамика, дифференциальные уравнения, аналитическое решение, осциллограммы*

---

*An analytical method determine the moments of forces of resiliency in resilient svyazyakh to the three-mass mechanical system taking into account mass of sending pulley*

*Key words: dynamics, differential equalizations, analytical decision ostsyllogrammy*

□                      □

### 1. Введение

В настоящее время благодаря использованию быстрой вычислительной техники появилась возможность решать сложные задачи динамики машин с минимальными упрощениями эквивалентных расчетных схем, не пренебрегая малыми дискретными массами. В настоящей работе исследуется влияние масс направляющих шкивов, которыми

### Литература

1. Хальфин М.Н. Грузоподъемные машины для монтажных и погрузочно-разгрузочных работ: Учебно-справочное. - Ростов н/Д: Феникс, 2006-608с.
2. Спосіб вертикального переміщення вантажів краном / Н.В. Клімченкова, А.М. Спаська (Україна), № 27558, В 667 19/00. Заявл. 23.05.2007, Бюл. № 18.
3. Климченкова Н.В., Корниенко С.В., Малишевский Н.Н., Москаленко С.С. Повышение степени автоматизации технологического перемещения грузов краном / Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков: Технологический центр. 2008, № 4/1(34). – с. 41-44.

УДК 621.86

# ДИНАМИКА ОДНОКОНЦЕВОГО КАНАТНОГО ПОДЪЁМНИКА С УЧЕТОМ НАПРАВЛЯЮЩЕГО ШКИВА

**А. П. Нестеров**

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

**Т. Н. Осипова**

Аспирант\*

\*Кафедра «Промышленный и автомобильный транспорт»

Украинская инженерно-педагогическая академия  
Ул. Университетская, 16, г Харьков, Украина, 61003

ранее пренебрегали [1], на динамические усилия в канатах.

### 2. Основное содержание

На рис. 1 представлены конструктивная и эквивалентная крутильная динамическая схемы одноконцевого канатного подъемника с направляющим шкивом.