

На правах рукописи



Новиков Сергей Павлович

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РАЦИОНАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ В УСЛОВИЯХ ПОГРУЗКИ – РАЗГРУЗКИ

05.01.01 – Инженерная геометрия и компьютерная графика

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Нижний Новгород - 2003

Научный руководитель

Кандидат технических наук, доцент **Тарасова Светлана Валерьевна**

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор **Синицын Сергей Александрович**

кандидат технических наук, доцент **Нестеров Лев Николаевич**

Ведущая организация

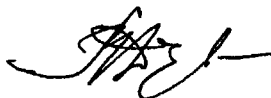
ООО НПО «Судоремонт»

Защита состоится 2 декабря 2003 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 212.162.04 при Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете по адресу: 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д.65, корпус 5, аудитория 202.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета.

Автореферат разослан «27» октября 2003 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, профессор



В.И. Дергунов

2002 г.
17714

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. По программе НТП на 2000 – 2010 г. в европейской части страны грузооборот на всех видах транспорта возрастет в 1,7.– 1,8 раза, в том числе на речном – в 1;8 – 2,0 раза. В связи с этим возникает необходимость применения современных технологий при погрузочно-разгрузочных работах с целью более эффективной обработки транспортных единиц, в том числе судов и составов в портах.

В настоящее время придается большое значение исследованиям, направленным на повышение производительности работы крановых установок. Это достигается за счет автоматизации перегрузочных процессов, подготовки операторов крановых установок с высокой квалификацией и других составляющих.

Изучению процессов перемещения груза грузоподъемными механизмами различного назначения посвящены труды таких ведущих специалистов в этой области, как А.А. Алейнер, В.И. Брауде, Д.П. Волков, Н.П. Гаранин, А.И. Дукельский, С.А. Казак, В.Ф. Сиротский, Н.И. Ерофеев. Большинство исследований направлено на разработку способов управления крановыми установками, обеспечивающих максимальное быстродействие процесса перемещения груза при условии выполнения производственного задания, а также правил безопасности и технической эксплуатации, и обучения этим способам крановщиков.

Следует отметить, что на производительность перегрузочных работ оказывает влияние множество факторов, одним из которых является выбор траектории перемещения груза. Причем перемещение груза по рациональному пути в пространстве грузового участка должно учитывать геометрические характеристики объектов, расположенных в пределах этого участка. Геометрический вид траектории движения груза зависит от количества и характера рабочих движений, степени совмещения движений по времени, варианта подвески груза (гибкая или жесткая), квалификации оператора, гидрометеорологических условий и т.д.

РОС. НАЦИОНАЛЬНАЯ
БИБЛИОТЕКА
С.Петербург
09 100 109

Значительное число работ в этой области посвящено разработке способов оптимального управления крановыми установками с целью минимизации отклонения грузовых канатов от вертикали в процессе перемещения груза. В отдельных работах рассматриваются вопросы моделирования динамики крановых установок с гибкой подвеской груза в приложении к задачам исследования процессов динамического нагружения элементов механизмов и металлоконструкций. При исследовании проблемы повышения эффективности работы перегрузочных машин неоднократно ставился вопрос о необходимости совмещения движений нескольких механизмов по времени в процессе погрузки и выгрузки с точки зрения оптимальных динамических показателей процесса. Однако при высоком уровне автоматизации подъемно-транспортных механизмов в современных условиях возникает необходимость рассмотрения пути движения груза как геометрического объекта исследования. Таким образом, встает задача по определению видов допустимых траекторий перемещения груза с различными вариантами совмещения движений механизмов по времени и изучения степени их рациональности.

В данной работе исследование траектории перемещения груза в пространстве рассмотрено на примере порталного перегрузочного крана. Крановые установки этого типа обладают высокими скоростными показателями, и поэтому выбор пути перемещения груза в этом случае оказывает значительное влияние на общую продолжительность цикла перегрузки.

Цель диссертационной работы. Целью работы является разработка и реализация алгоритмов и программных средств, позволяющих осуществить автоматизированный расчет и визуализацию рациональных траекторий с точки зрения повышения технической производительности крановой установки на примере порталного крана для схемы работы «Судно-склад».

В связи с этим решались задачи:

- рассмотрения, аналитического описания и классификации всех имеющихся элементов траекторий перемещения груза порталным краном, а

также геометрических образов полей движения груза по этим траекториям;

- формирования и описания возможных траекторий перемещения груза из числа «приемлемых» с учетом граничных условий;
- выполнения алгоритмизации процесса движения груза по нескольким различным путям его возможного перемещения для различных технических условий расположения крана и груза по отношению к объектам, размещенным на погрузочном участке;
- разработки программных продуктов для расчета и визуализации рассмотренных видов траекторий, а также оценки технической производительности крановой установки и скоростных параметров механизмов крана при перемещении груза по каждой из этих траекторий;
- проведения технико-экономического анализа полученных решений и выбора наиболее рационального пути перемещения груза для определенных технических условий;
- сравнительного анализа профессиональной деятельности крановщиков и полученных результатов по временному фактору;
- разработки рекомендаций по выбору рационального пути перемещения груза при подготовке операторов крановых установок.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- дана классификация элементов траекторий перемещения груза порталным краном при отдельной и совместной работе механизмов в различных сочетаниях;
- получены геометрические и математические модели возможных траекторий перемещения груза порталным краном;
- разработаны алгоритмы автоматического расчета и формирования изображения рассматриваемых траекторий;
- создана универсальная программа, позволяющая определять рациональную траекторию перемещения груза с учетом граничных условий;

- проведен сравнительный анализ возможных путей движения груза с точки зрения быстродействия крановой установки и ее производительности.

Методы исследования. Теоретические исследования проведены на основе начертательной и аналитической геометрии, теории пространственных кривых и прикладного программирования. В процессе исследования использованы алгоритмизация процесса расчета и визуализации, математическое моделирование и технико-экономический анализ.

Практическая ценность. Практическая ценность работы заключается в разработке способов и средств расчетов геометрических характеристик перемещения грузов. Полученные результаты позволяют:

- реализовать алгоритмы и программный продукт для осуществления автоматизированного перемещения груза;
- разработать эффективный технологический перегрузочный процесс с учетом схемы погрузки-выгрузки;
- сократить время погрузочно-разгрузочных операций при работе операторов крановых установок с малым опытом работы;
- повысить производительность труда за счет достижения высокой квалификации крановщиками, обучаемыми по предложенной методике;
- использовать разработанную универсальную программу для подготовки операторов крановых установок.

На защиту выносятся:

- классификация и математическое описание элементов траекторий перемещения груза портальным краном;
- геометрические модели возможных траекторий перемещения груза портальным краном с учетом граничных условий;
- алгоритмы автоматического расчета и формирования изображения рассматриваемых траекторий;
- универсальная программа, позволяющая определять рациональную траекторию перемещения груза из любой точки трюма судна в любую точку штабеля и наоборот с учетом граничных условий.

Диссертационное исследование выполнено в рамках НИР «Обследование технического состояния плавучего крана» (№ 204005 Волжской государственной академии водного транспорта).

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на:

- VII-ой Нижегородской сессии молодых ученых (Держинск, 2002);
- Всероссийской научно-методической конференции «Актуальные вопросы обучения молодежи графическим дисциплинам» (Рыбинск, 2003);
- Научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и специалистов «Транспорт-XXI век» (Нижний Новгород, 28-29 апреля 2003);
- Семинаре кафедры «Начертательной геометрии, машинной графики и основ САПР» ННГАСУ.

Публикации. Результаты исследования опубликованы в 9 научных работах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и четырех приложений с текстами программ. Общий объем работы составляет 121 страницу, в том числе 105 страниц основного текста, 26 рисунков, 7 таблиц. Список использованных источников включает в себя 106 позиций.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе подробно рассмотрены характерные особенности portalного крана как объекта управления, а также приведен обзор материалов, касающихся исследования перегрузочного процесса, осуществляемого посредством грузоподъемных машин этого типа.

На основании анализа перегрузочных процессов, осуществляемых на грузовых участках речных и морских портов сделан вывод о необходимости более

глубокого исследования процесса транспортирования груза с точки зрения геометрических параметров пути его перемещения в пространстве участка.

Установлена зависимость технической производительности крановой установки от траектории перемещения груза. Поставлена задача поиска наиболее рациональной технологической траектории с целью повышения производительности портального крана.

Дана подробная классификация и математическое описание возможных элементов траекторий перемещения груза портальным краном и подъемно-транспортными механизмами, имеющими аналогичную кинематическую схему, а также полей движения груза при раздельной и совместной работе трех механизмов крана. При описании элементов траекторий принимаются допущения о жесткости подвески груза и об инвариантности вертикальной координаты груза в процессе изменения вылета стрелы.

При транспортировании груз находится в пределах области, ограниченной двумя соосными цилиндрами одинаковой высоты, наибольший и наименьший радиусы которых равны соответственно наибольшему и наименьшему значениям вылета стрелы крана (рис. 1). Высота цилиндров равна разности координат груза при его крайних положениях по вертикали.

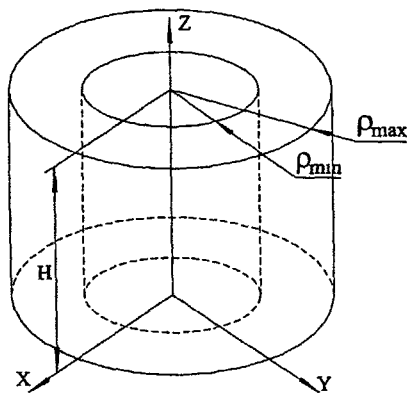


Рис. 1

В зависимости от характера рабочих движений механизмов крана и способа совмещения их по времени можно выделить несколько возможных элементов траекторий движения груза в пространстве: прямая линия, дуга окружности, спиральная кривая, цилиндрическая винтовая линия, коническая винтовая линия.

Полями движения груза для вышеуказанных элементов траекторий могут быть плоскость, прямой круговой цилиндр или конус. В общем виде уравнение траектории можно записать следующим образом:

$$\begin{cases} x = \rho(t) \sin \varphi(t) \\ y = \rho(t) \cos \varphi(t) \\ z = z(t) \end{cases} \quad (1)$$

В зависимости от вида элемента траектории и поля движения груза данное уравнение будет соответствующим образом видоизменяться.

Во второй главе рассмотрены основные технологические схемы работы портального крана и их характерные особенности. Для исследования процесса перемещения выбрана технологическая схема «судно-склад» для варианта разгрузки судна. Геометрические параметры пути транспортирования груза при такой технологической схеме работы крана оказывают большее по сравнению с другими схемами влияние на общую продолжительность цикла перегрузки, так как линейные и угловые перемещения при этой схеме являются максимальными. В качестве препятствий на пути движения груза рассматриваются линия леерного ограждения причальной стенки и верхняя кромка вагонов железнодорожного состава. Другие возможные препятствия не рассматриваются, так как их наличие на погрузочном участке не является типичным для данной технологической схемы работы крана.

Классифицированы и подробно описаны пять различных наиболее приемлемых вариантов перемещения груза для схемы «судно - склад» (рис. 2), (рис. 3). Наиболее простым способом перемещения груза из точки 1 трюма судна в точку 4 над штабелем является способ его транспортирования при поочередной работе механизмов крана без совмещения их движений по времени по траекто-

рии I (рис. 2). При этом сначала груз необходимо поднять на полную высоту H с учетом запаса Δh над верхней кромкой штабеля, затем повернуть стрелу с грузом на полный угол φ_3 . Наконец, необходимо изменить вылет стрелы крана.

Следующим возможным способом транспортирования груза является траектория II , которая предполагает совмещение движений механизмов крана по времени при работе их приводов на номинальных скоростях движения. Анализ многих сотен циклов работы современных порталных кранов позволяет заключить, что время работы механизма изменения вылета в подавляющем большинстве случаев совпадает со временем работы других механизмов. В данном случае принципиальным моментом является определение высоты h_0 , на которую необходимо поднять груз перед включением механизма поворота крана, обеспечив при этом безопасное прохождение груза над всеми препятствиями.

Перемещение груза по траектории III может быть осуществлено при наличии систем управления приводов механизмов крана, позволяющих производить плавное регулирование скоростей двигателей. Данная траектория состоит из одного, двух или трех участков, на каждом из которых необходимо синхронизировать работу механизмов подъема груза и поворота стрелы. Механизм изменения вылета стрелы при этом работает на номинальной скорости.

Траектория IV является частным случаем траектории III и образуется также с учетом равенства временных интервалов по подъему груза и повороту крана. Однако при условиях, изображенных на рис. 2, перемещение груза по этой трассе невозможно из-за неизбежного столкновения его с препятствием.

Все вышеописанные пути перемещения груза образуются при равномерном движении механизмов крана в процессе перемещения груза.

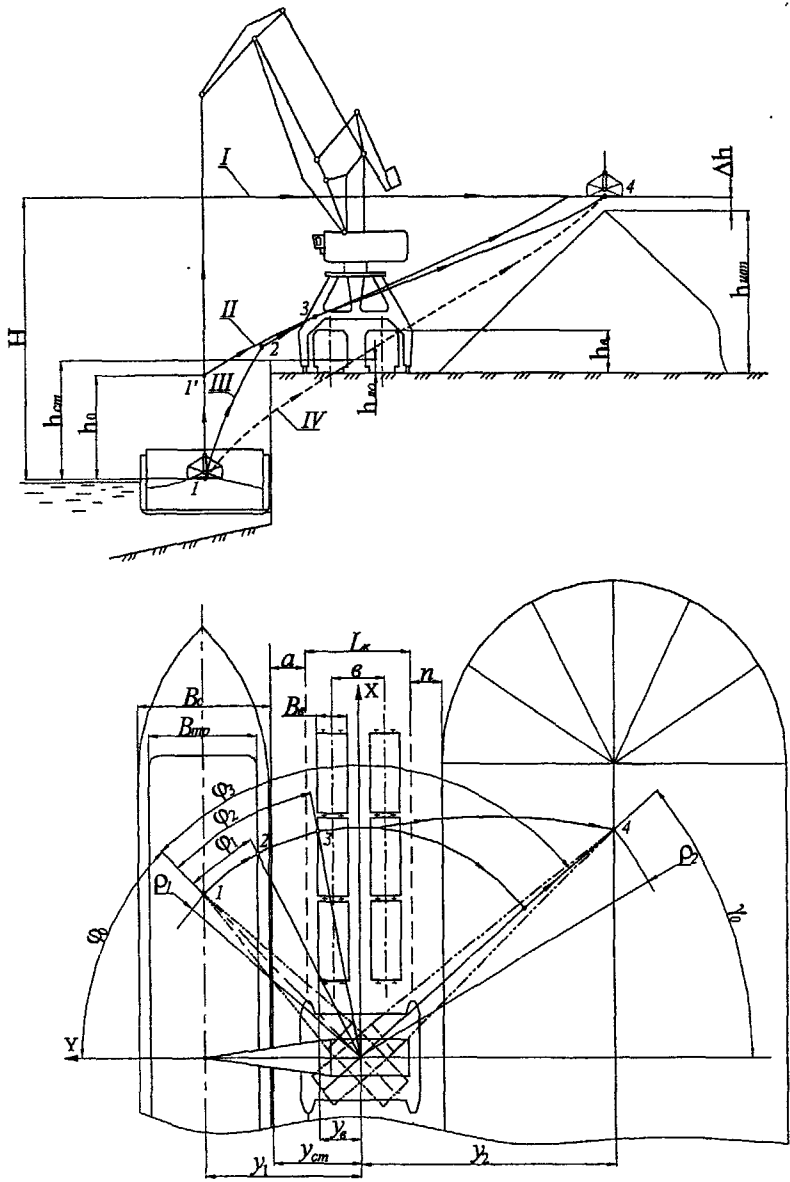


Рис.2 Схема перегрузки навалочного груза по варианту «судно-склад».

При этом движение по изменению вылета стрелы во всех случаях происходит на заключительной стадии поворота крана в полуцикле, так как только при подходе груза к точке окончания движения крановщик способен оценить необходимую величину вылета стрелы для совмещения груза с этой точкой.

Однако особый интерес представляет способ перемещения груза при наличии связи (по управлению) $\rho = f(\varphi)$, обеспечивающей движение концевой блока стрелы по прямой линии при повороте крана. При наличии этой связи, а также при синхронизации работы механизмов подъема и поворота на каждом участке груз будет перемещаться по траектории V , представляющей из себя совокупность пространственных прямых линий (рис. 3). В данном случае груз будет проходить по самому кратчайшему пути, возможному для конкретных технических условий взаимного расположения объектов на погрузочном участке. Осуществление такого способа перемещения вручную представляет значительную трудность. Обеспечение процесса перемещения груза по данной траектории или близкой к ней требует высокого уровня автоматизации крановой установки.

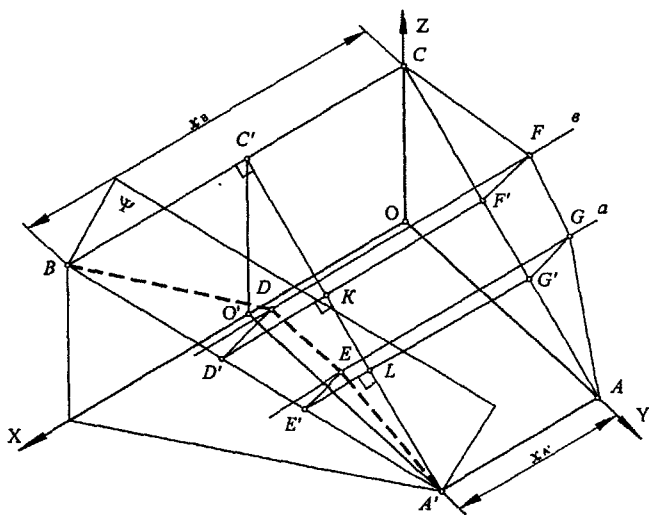


Рис. 3 Схема кусочно-линейной траектории движения груза.

Третья глава посвящена описанию расчета и алгоритмизации процесса построения всех вышеописанных трасс движения груза в пространстве грузового участка, а также вычислению временных интервалов движения груза по каждой траектории. Алгоритм должен обладать значительной универсальностью и позволять рассчитывать геометрические характеристики траекторий перемещения груза для любых допустимых начальных и конечных условий. Укрупненная блок-схема алгоритма представлена на рис. 4.

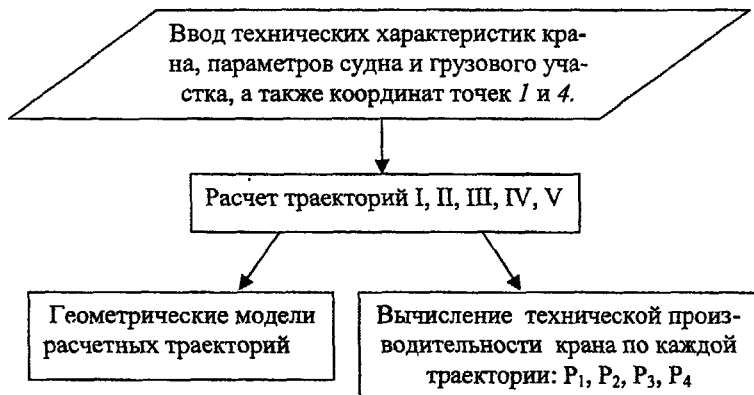


Рис. 4

Координаты точек захвата и отпущания груза удобно задавать в следующем виде: $I(\rho_1, y_1, 0)$ и $4(\rho_2, y_2, H)$. Полная высота подъема груза определяется выражением:

$$H = h_{ст} - h_{ло} + h_{шт} + \Delta h \quad (2)$$

Введенные координаты точек должны находиться в пределах области, ограниченной характеристиками крана (рис. 1). Горизонтальные координаты груза должны при этом удовлетворять неравенствам вида:

$$\rho_{min} \leq \rho_1 \leq \rho_{max}; \rho_{min} \leq \rho_2 \leq \rho_{max}; \rho_{min} \leq y_1 \leq \rho_{max}; \rho_{min} \leq y_2 \leq \rho_{max} \quad (3)$$

Высота стенки без учета леерного ограждения не должна превышать максимальной глубины опускания груза, а высота штабеля не должна превышать максимальной высоты подъема груза:

$$h_{\min} \geq h_{cm} - h_{\text{но}}; \quad h_{\max} \geq h_{\text{шт}} \quad (4)$$

Кроме того, следует отметить, что величина координаты y_1 точки захвата груза в трюме судна должна удовлетворять неравенству:

$$0,5(L_k + B_c - B_{mp} + c) + a \leq y_1 \leq 0,5(L_k - c) + a + B_c \quad (5)$$

где c - ширина рейфера.

Расчет геометрических параметров траекторий движения груза производится как для рабочего, так и для холостого хода крана. При этом величины начальных углов захвата груза для того и другого вариантов определяются соответственно по выражениям:

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{2} - \arcsin\left(\frac{y_1}{\rho_1}\right); \quad \gamma_0 = \frac{\pi}{2} - \arcsin\left(\frac{y_2}{\rho_2}\right) \quad (6)$$

Полный угол поворота крана в полуцикле определяется по формуле:

$$\varphi_3 = \frac{\pi}{2} - \varphi_0 + \arcsin\left(\frac{y_2}{\rho_2}\right) \quad (7)$$

Так как движение по изменению вылета стрелы происходит на заключительной стадии каждого полуцикла перегрузки, то расчет и построение траекторий II и III удобно производить в направлении, обратном направлению движения. Рассмотрим этот процесс на примере холостого хода крановой установки. Для определения высоты h_0 траектории II необходимо вычислить величины углов поворота стрелы φ_1 и φ_2 , фиксирующих моменты прохождения груза соответственно над причальной стенкой и вагонами (рис. 2). При неизменной величине вылета стрелы в процессе прохождения рейфера над препятствиями величины этих углов определяются по формулам:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \frac{\pi}{2} - \left(\varphi_0 + \arcsin\left(\frac{0,5 \cdot L_k + a}{\rho_2}\right) \right); \\ \varphi_2 &= \frac{\pi}{2} - \left(\varphi_0 + \arcsin\left(\frac{0,5 \cdot B_c + c}{\rho_2}\right) \right) \end{aligned} \quad (8)$$

В том случае, когда при прохождении над препятствием вылет стрелы изменяется, величины искомых углов находятся посредством определения вре-

менных интервалов поворота стрелы из точки I до стенки и вагонов из следующих выражений:

$$\begin{aligned} y_{cm} &= (\rho_1 + u \cdot t) \cos(\varphi_0 + \omega \cdot t) \\ y_в &= (\rho_1 + u \cdot t) \cos(\varphi_0 + \omega \cdot t) \end{aligned} \quad (9)$$

После вычисления необходимо сравнить каждый из интервалов со временем изменения вылета стрелы. Результаты сравнения удобно проанализировать по рис. 5.

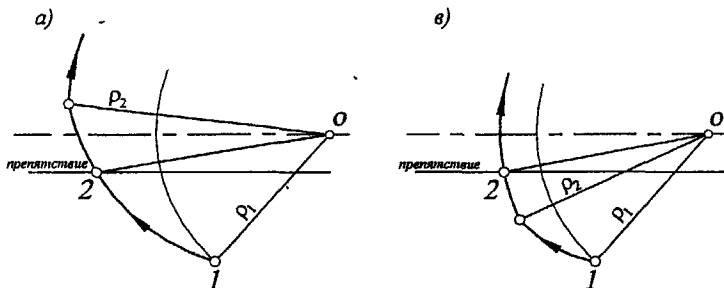


Рис. 5 Схема прохождения груза над препятствием при совместной работе механизмов поворота и изменения вылета стрелы.

В случае, когда время изменения вылета превышает время поворота стрелы с грузом до препятствия (рис. 5а), величину угла поворота до стенки или вагона можно определить, помножив интервал времени поворота крана до препятствия на номинальную угловую скорость поворота крана. В обратном случае (рис. 5б) величины искомых углов определяются по формулам (8).

Величину высоты h_0 траектории Π можно определить путем построения развертки отсека цилиндрической поверхности радиуса ρ_1 , положение точек 2, 3 и 4 по которой можно определить, вычислив длины дуг радиуса ρ_1 по соответствующим углам $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ (рис. 6).

На развертке через каждую точку необходимо провести прямую с угловым коэффициентом, вычисляемым из соотношения номинальных величин скорости подъема груза v и угловой скорости поворота крана ω по выражению:

$$k = \frac{v}{\rho_1 \cdot \omega} \quad (10)$$

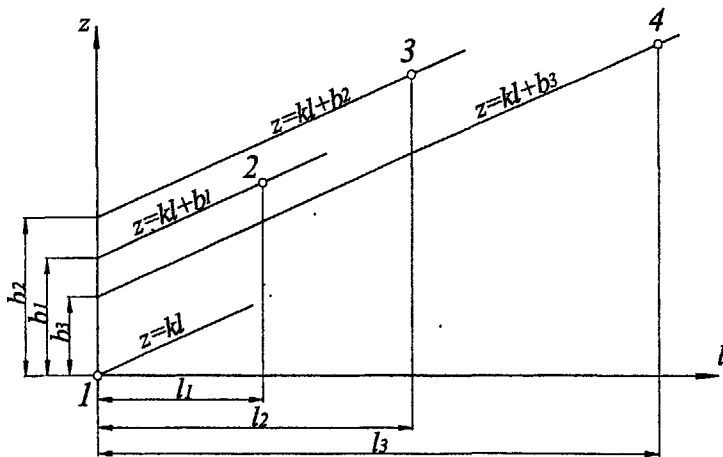


Рис. 6 Расчетная схема определения высоты h_0 на развертке цилиндрической поверхности.

В качестве высоты h_0 принимается наибольшая из величин b_1 , b_2 , b_3 , определяемых из уравнений построенных прямых линий, то есть:

$$h_0 = \max(0, b_1, b_2, b_3) \quad (11)$$

При расчете и составлении алгоритма построения траектории III сначала необходимо определить количество участков данной траектории, для чего выполняется построение траектории IV (без учета препятствий на пути движения груза). При этом нужно также найти величины углов поворота стрелы, фиксирующих моменты прохождения груза над стенкой и вагонами по расчетам, аналогичным вышеописанным. Далее по развертке отсека цилиндрической поверхности радиуса ρ_1 определяется характер прохождения груза через препятствия и количество участков траектории III (рис. 7). Построение траектории III осуществляется в цикле, количество шагов которого равно количеству участков траектории.

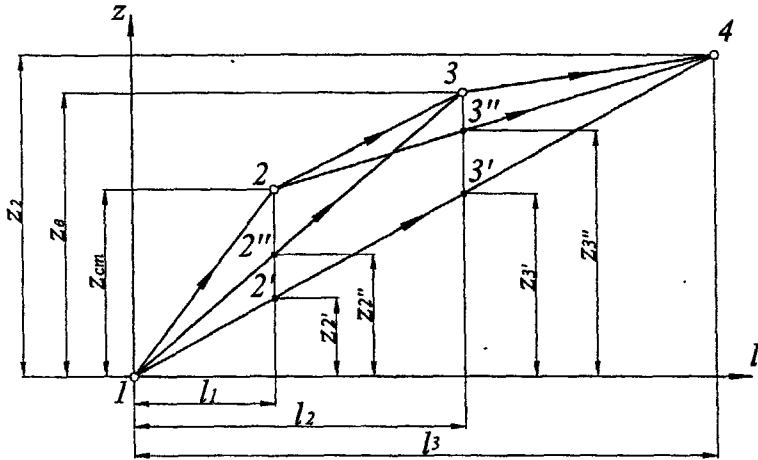


Рис. 7 Расчетная схема определения пути перемещения груза по траектории III на развертке цилиндрической поверхности.

При расчете и построении траектории V важным моментом является вычисление координат x точек D и E (рис. 3). Эти точки являются результатом пересечения плоскости Ψ , перпендикулярной плоскости ABC, с линиями стенки a и вагонов b . Количество участков данной траектории определяется аналогично рассмотренному принципу формирования траектории III.

По результатам расчетов определяются временные интервалы перемещения груза по траекториям I - IV с учетом времени на захват и отпускание груза, времени переходных процессов механизмов крана а также времени на успокоение раскачивания грейфера при позиционировании его над точкой захвата груза. Полученный алгоритм также позволяет выполнять расчет и визуализацию путей движения груза при работе крана по схемам «судно-вагон» и «судно-автомобиль».

В качестве базовой программы для реализации алгоритма расчета и визуализации выбрана программа «Matlab 5.2». Визуализация позволяет осуществить обзор грузового участка с изображенными вариантами расчетных путей перемещения груза (рис. 8 а, в).

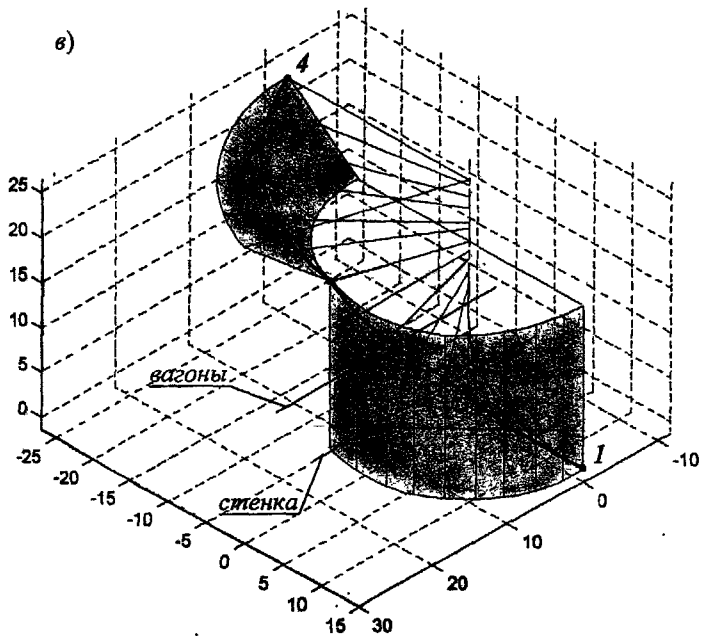
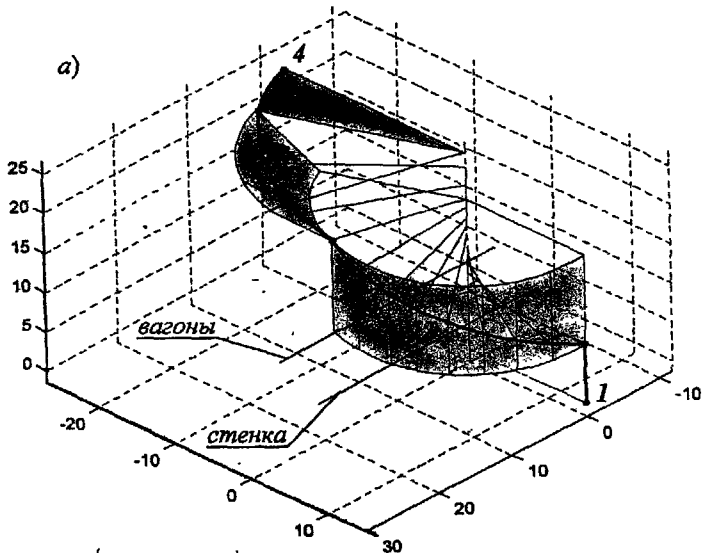


Рис. 8 Пример путей перемещения груза при рабочем ходе крана с изображением полей для отдельных элементов траектории ($h_c=11\text{м}$; $h_{шт}=13\text{м}$; $y_1=15\text{м}$; $y_2=24\text{м}$; $\rho_1=15\text{м}$; $\rho_2=24\text{м}$; $\varphi_3=180^\circ$): а) траектория II; б) траектория III.

В четвертой главе осуществляется расчет технической производительности крановой установки по траекториям движения I - IV, а также сравнение расчетных значений временных интервалов с практическими значениями, полученными путем замера продолжительности циклов работы портального крана «Альбрехт» при разгрузке судна по схемам «судно-склад» и «судно-автомобиль».

Величина часовой технической производительности крана зависит от массы перемещаемого за цикл груза без учета массы грейфера а также от продолжительности времени цикла и находится по формуле:

$$P_m = m_z \cdot \frac{3600}{T_{\text{ч}}} \quad (12)$$

Кроме того, вычисляются величины относительной скорости подъема груза и относительной угловой скорости вращения стрелы по формулам:

$$V_{\text{отн}} = \frac{V_{\text{III}}^{\text{max}}}{v} ; \quad \Omega_{\text{отн}} = \frac{\Omega_{\text{III}}^{\text{max}}}{\omega} \quad (13)$$

где $V_{\text{III}}^{\text{max}}$, $\Omega_{\text{III}}^{\text{max}}$ - соответственно максимальные скорость подъема груза и угловая скорость вращения стрелы при движении груза по траектории III.

По результатам расчетов определяются зависимости технической производительности крановой установки от высоты штабеля груза $h_{\text{шт}}$ и угла поворота стрелы в полудикле φ_3 , представленные на рис.9 и рис. 10.

Из рис. 9 видно, что техническая производительность крана при методе работы без использования совмещения движений (P_1) является крайне низкой при любой высоте штабеля. Величины производительности по траекториям II и III (P_2 , P_3) практически одинаковы, однако при определенной высоте штабеля груза $h_{\text{шт}}$ максимальная угловая скорость поворота стрелы при движении по траектории III меньше номинальной угловой скорости. Это позволяет уменьшить динамические нагрузки на механизмы, а также, что особенно важно, уменьшить отклонение грузового каната от вертикали на конечной стадии перемещения.

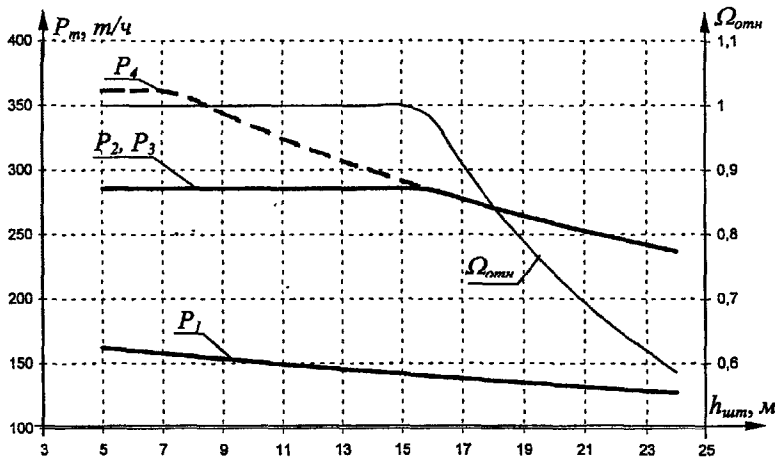


Рис. 9. Зависимость технической производительности крана и относительной угловой скорости стрелы от высоты штабеля ($y_1=17$ м; $y_2=30$ м; $\rho_1=21$ м; $\rho_2=30$ м; $h_{ст}=8$ м)

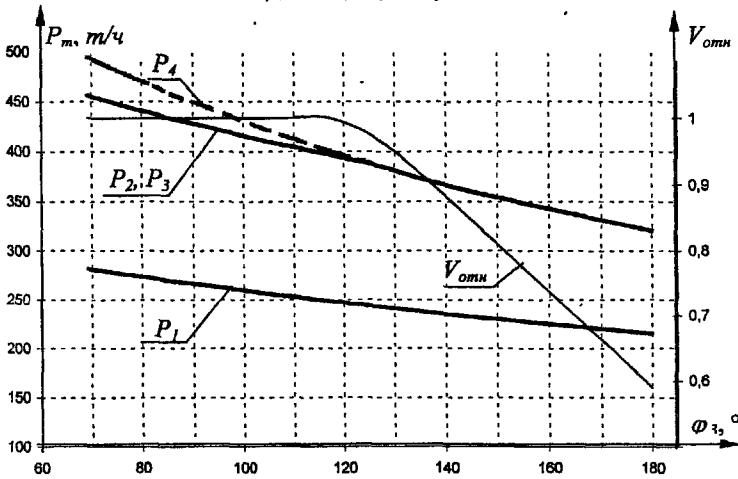


Рис. 10. Зависимость технической производительности крана и относительной скорости подъема груза от угла поворота крана при отсутствии железнодорожных вагонов ($y_1=y_2=17$ м; $h_{ст}=2$ м; $h_{шт}=4$ м)

Графики на рис. 10 также подтверждают необходимость применения метода работы с использованием совмещения движений механизмов по времени.

Здесь при определенных значениях полного угла поворота крана в полуцикле φ_3 при движении груза по траектории III максимальная скорость подъема является меньше номинальной. Это также позволяет снизить динамические нагрузки на механизмы крана в процессе перемещения груза.

Таблица 1

Координаты точки захвата груза.	Координаты точки отпущения груза.	T_1	T_2	T_3	$T_{\text{практ}}$
$\varphi_0=10^\circ; \rho_1=17\text{м}; h_{\text{ст}}=8\text{м}$	$\gamma_0=45^\circ; \rho_2=20,5\text{м}; h_{\text{шт}}=6\text{м}$	109,9	60,3	60,3	65,2
$\varphi_0=26^\circ; \rho_1=19\text{м}; h_{\text{ст}}=9\text{м}$	$\gamma_0=32^\circ; \rho_2=20\text{м}; h_{\text{шт}}=9\text{м}$	111,7	64,9	64,9	66,8
$\varphi_0=28^\circ; \rho_1=17\text{м}; h_{\text{ст}}=8\text{м}$	$\gamma_0=30^\circ; \rho_2=20\text{м}; h_{\text{шт}}=7\text{м}$	111,6	63,5	63,2	61,4
$\varphi_0=38^\circ; \rho_1=19\text{м}; h_{\text{ст}}=9\text{м}$	$\gamma_0=42^\circ; \rho_2=23\text{м}; h_{\text{шт}}=7\text{м}$	112,1	62,5	62,1	68,3
$\varphi_0=20^\circ; \rho_1=16\text{м}; h_{\text{ст}}=9\text{м}$	$\gamma_0=27^\circ; \rho_2=19\text{м}; h_{\text{шт}}=4\text{м}$	110,6	66,8	66,9	65,8

В таблице 1 приведен сравнительный анализ расчетных значений временных интервалов перемещения груза по траекториям I - III с данными практических замеров продолжительности перегрузочных циклов для портального крана «Альбрехт», при работе на нем оператора высокой квалификации. По результатам сравнения можно сделать вывод о том, что эффективность работы крана при использовании траекторий II и III подтверждается высокими показателями производительности, которых крановщик добился в результате многолетнего опыта работы.

Основные результаты исследования.

1. В работе проведено исследование перегрузочного процесса на примере портального крана с точки зрения геометрических характеристик пути перемещения груза в пространстве грузового участка.
2. Исследованы возможные траектории движения груза при работе крана по схеме «судно-склад», формируемые с учетом технических характеристик крановой установки, а также геометрических характеристик объектов, расположенных на грузовом участке.
3. Создан алгоритм и универсальная программа для расчета и визуализации рационального пути перемещения груза для любых допус-

тимых начальных и конечных координат расположения груза, позволяющие также вычислять величину технической производительности крана, исходя из продолжительности времени цикла.

4. Проведен сравнительный анализ результатов расчета продолжительности цикла с данными практических замеров. Подтверждена хорошая сходимость результатов практических замеров времени цикла с расчетным временем при движении груза по траекториям II и III, что подтверждает их рациональность.
5. Разработанная методика использована в учебном процессе подготовки инженеров по специальностям 15.09.00 «Эксплуатация перегрузочного оборудования и транспортных терминалов» и 15.09.01 «Промышленная безопасность подъемно-транспортных сооружений» ВГАВТ.
6. Данная программа может быть использована для расчетов технологических схем погрузочно-разгрузочных операций.

Список публикаций по теме диссертации

1. Новиков С.П. Исследование траектории перемещения груза порталным краном / С.П. Новиков // Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации: Межвуз. науч. сб. Саратов, 2002. – С. 80-83.
2. Новиков С.П. Определение эксплуатационных нагрузок на элементы грузоподъемных машин / С.П. Новиков, С.В. Тарасова // Тез. докл. Всеросс. науч.- метод. конф. «Актуальные вопросы обучения молодежи графическим дисциплинам». - Рыбинск, 2003. – С. 101-103.
3. Новиков С.П. Описание силовых характеристик, действующих на систему «портальный кран-груз» / С.П. Новиков, С.В. Тарасова // Тез. докл. Всеросс. науч. – метод. конф. «Актуальные вопросы обучения молодежи графическим дисциплинам». – Рыбинск, 2003. – С. 99-101.

4. Новиков С.П. Исследование взаимного влияния механизмов поворота и изменения вылета на траекторию перемещения груза порталным краном / С.П. Новиков, С.В. Тарасова // Информ. сб. «Наука и техника на речном транспорте», №1. – Москва, 2003. – С. 51-55.
5. Новиков С.П. Расчет массово-инерционных характеристик порталного крана / С.П. Новиков, С.В. Тарасова // Информ. сб. «Наука и техника на речном транспорте», №2. – Москва, 2003. С. 41-46.
6. Новиков С.П. Зависимость угла поворота порталного крана от величины вылета стрелы / С.П. Новиков, А.В. Лапшин // Вестник ВГАВТ. – Н. Новгород, 2003. (в печати).
7. Новиков С.П. Исследование зависимости производительности порталного крана от высоты конического штабеля / С.П. Новиков, А.В. Лапшин // Вестник ВГАВТ. – Н. Новгород, 2003. (в печати).
8. Новиков С.П. Классификация видов траекторий перемещения груза порталным краном / С.П. Новиков // Вестник ВГАВТ. – Н. Новгород, 2003. (в печати).
9. Новиков С.П. Характеристика режимов работы ПТМ / С.П. Новиков // Вестник ВГАВТ. – Н. Новгород, 2003. (в печати).

№ 177 14

2003-A

17714

Подписано к печати 23.10.2003г. Формат 60x84 1/16. Ризография.
Объем 1 печ. л. Тираж 100 экз. Заказ 545.

Издательско-полиграфический комплекс ФГОУ ВПО ВГАВТ
603600, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5
