

УДК 681.513.52

## **Управление подъемно-транспортным устройством, оптимальное по быстродействию.**

Корниенко Л.Н., Штейнгарт С.А.  
seht@pochta.ru

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики.  
Институт холода и биотехнологий.

*В статье рассматривается алгоритм построения управления оптимального по быстродействию подъемно-транспортным устройством, которое определяется линейными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами.*

Ключевые слова: управление, оптимизация, быстродействие.

## **Control of the hoisting-transport device, is optimal in speed.**

Kornienko L.N., Shteyngart S.A.  
seht@pochta.ru

Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies,  
Mechanics and Optics.  
Institute of Refrigeration and Biotechnology.

*This article considers algorithm of speed management hoisting-transport device which is determined with the help of linear differential equations with constant coefficients.*

Keywords: control, optimization, performance.

Важнейшей проблемой современной теории и практики автоматического регулирования является оптимизация процессов управления. В настоящее время в теории оптимального управления получен ряд принципиально важных результатов. Одним из них является так называемая теорема об  $n$  интервалах при быстродействии, впервые сформулированная профессором А. А. Фельдбаумом [1,2]. Согласно этой теореме, для перевода объекта, движение которого описывается линейными дифференциальными уравнениями (ДУ)  $n$ -ого порядка с постоянными коэффициентами из начальной в конечную точку за минимальное время, необходимо в релейном управлении  $n-1$  релейных переключений по знаку.

Среди критериев оптимальности особое место занимает критерий оптимального по быстродействию управления, который обеспечивает минимум времени переходного процесса и достаточно высокую динамичность. Оптимизированная по быстродействию система может оказаться близкой к оптимальной и по другим критериям, которые обеспечивают вместе с быстродействием дополнительный выигрыш, минимизируя время переходного процесса.

Практически для всех автоматизированных систем управления быстродействие является одним из основных требований, а для целого ряда условий функционирования распространенных объектов - определяющим. Таким образом, синтез оптимальных по быстродействию систем, относится к важнейшим задачам теории автоматического управления.

На сегодняшний момент используется теория оптимизации по быстродействию управления объектами описываемыми линейными ДУ с постоянными коэффициентами в работах Фельдбаума, Павлова и др. Основой для нее, как отмечалось выше, является теорема об  $n-1$  раз переключений релейного элемента в линейных системах объекта  $n$ -ого порядка, при переходном процессе. Для объекта, описываемого линейными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами, оптимальное управление содержит  $n$  чередующихся по знаку интервалов управления.

Важной задачей синтеза оптимального управления является определение длительности каждого интервала управления или моментов переключения знаков релейно - управляющего сигнала. Для этого применяют метод стыкования управляющей координаты  $X$  и ее производных до  $n-1$  включительно. Предпосылкой для применения метода стыкования является непрерывность координаты  $X$  и её производных при переключении знака сигнала на выходе релейного элемента.

В данной статье приведен алгоритм построения управления оптимального по быстродействию подъемно-транспортным механизмом (ПТМ имеют широкое применение во многих отраслях промышленности, в том числе и пищевой), которое определяется линейными ДУ с постоянными коэффициентами [3]. Для практического использования алгоритма, необходимо применение численных методов решения с помощью ЭВМ.

Рассмотрим управление оптимальное по быстродействию простейшего подъемно-транспортного устройства (см. рис.1), у которого заданы силы натяжения троса  $T^+ = k_1 G$  при подъеме груза с ускорением и  $T^- = k_2 G$  при торможении соответственно, где  $G$  - вес груза;  $k_1$  и  $k_2$  - запасы прочности. Тогда в этом случае при разгоне  $m \ddot{x} = T^+ - G$ , а при торможении  $m \ddot{x} = T^- - G$ . Или  $m \ddot{x} = (k_1 - 1)G$  при разгоне и  $m \ddot{x} = (k_2 - 1)G$  при торможении. Так как это линейные дифференциальные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами, то для оптимального по быстродействию управления системой, необходимо одно релейное переключение (согласно теореме А.А. Фельдбаума). В момент времени  $t_1$  переключения  $v_1 = (k_1 - 1)gt_1$ ;  $L_1 = (k_1 - 1)g \frac{t_1^2}{2}$

при нулевых начальных условиях и в момент  $t_2$  торможения, с учетом найденной скорости на первом участке получим:  $v_2 = (k_2-1)gt_2 + (k_1-1)gt_1$ ;

$$L_2 = (k_2-1)g \frac{t_2^2}{2} + (k_1-1)gt_1t_2.$$

Для необходимой высоты подъема груза  $L$ , можем записать выражение

$$L = L_1 + L_2 = (k_1-1)g \frac{t_1^2}{2} + (k_2-1)g \frac{t_2^2}{2} + (k_1-1)gt_1t_2$$

или

$$At_1^2 + 2At_1t_2 - Bt_2^2 = C \quad (*),$$

где  $A = k_1 - 1$ ;  $B = 1 - k_2$ ;  $C = 2L/g$ .

Уравнение (\*) определяет гиперболу (см. рис.2). Величину времени  $T = t_1 + t_2$  при оптимальном быстродействии системы, найдем следующим образом: подставим  $t_2 = T - t_1$  в (\*), решим его относительно  $T$  и найдем ветвь, определяющую оптимальное значение  $T$ . Для определения экстремума найдем производную вида  $\frac{\partial T}{\partial t_1} = 0$ . В результате упрощений получим:

$$\frac{\partial T}{\partial t_1} = 1 - \frac{t_1 \frac{A}{B}}{\sqrt{\frac{1}{2} t_1^2 \frac{A}{B} \left(1 + \frac{A}{B}\right) - C}} = 0,$$

Найти корень  $t_1$  этого алгебраического уравнения можно численными методами, например, методом половинного деления.

При известном  $t_1$  из (\*) найдем  $t_2$  и искомую величину  $\min T$ .

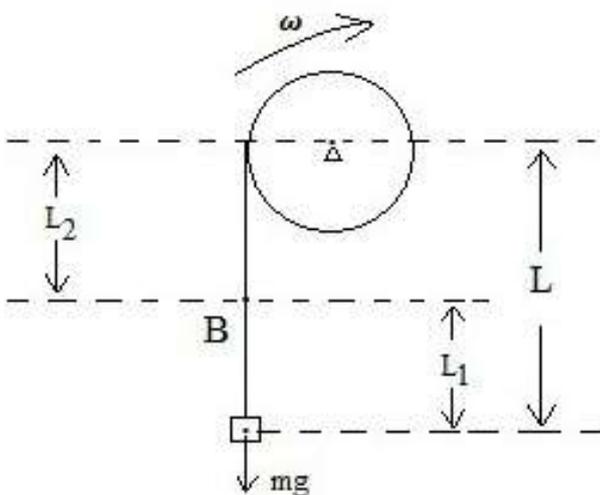


Рис. 1

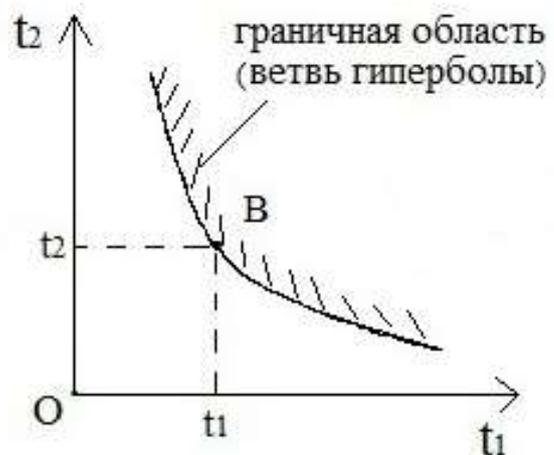


Рис. 2

### **Список литературы:**

1. Ключев А.С. , Колесников А.А. Оптимизация автоматических систем управления по быстродействию. М.: Энергоиздат, 1982. - 238 с.
2. Антомонов Ю.Г. Расчет систем оптимальных по быстродействию (управление судном по курсу). Л.: Судостроение, 1964. - 72 с.
3. Корниенко Л.Н. и др. Динамика механических систем с гибкими связями с учетом их прочности. Методические указания по дисциплине теоретическая механика. / Под редакцией д.т.н. проф. В. А. Арета – СПб.: СПбГУНиПТ, 2000. - 17 с.