УДК 628.311

С. А. Овцов, магистрант
В. В. Сарока, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ АВТООПЕРАТОРА ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

Для исследований примем двухмассовую модель механизма передвижения автооператора, которая достаточно широко используется в задачах исследования динамики движения автооператора и оптимизации его движения.

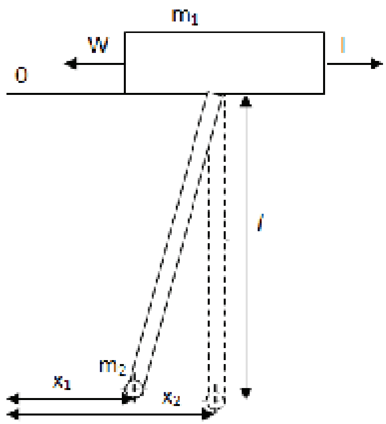

Рисунок 1 – Модель системы «рама-подвеска»

Приведена расчетная схема описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} m_1 x_1 + m_2 x_2 = F - W \operatorname{sign} \dot{x}_1, \\ \ddot{x}_2 + \dfrac{g}{l}\left(x_2 - \bar{o}_1\right) = 0 \end{cases} \tag{1}$$

В качестве критерия оптимизации выберем комплексный (кинематически-динамический) интегральный критерий:

$$I = \int_0^T \left[k_1 x^2 + k_2 \left(\frac{F - W}{m_1} \right)^2 \right] dt, \tag{2}$$

Для минимизации критерия (2) используем метод динамического программирования Р. Беллмана [3]. Основное функциональное уравнение запишем так:

$$\min \left[k_1 y_1^2 + k_2 u^2 + \frac{\partial S}{\partial y_1} y_2 + \frac{\partial S}{\partial y_2} \left(u - \omega^2 y_1 \right) \right] = 0 \tag{3}$$

Минимум правой части уравнения (3) искать по параметру управления u, для чего продифференцируем ее по u и приравняем полученное к нулю и найдем u:

$$u = -\frac{1}{2k_2}\frac{\partial S}{\partial y_2}. \tag{4}$$

Подставим полученное в уравнение (3), в результате чего получим:

$$k_1 y_1^2 + \frac{\partial S}{\partial y_1} y_2 - \frac{\partial S}{\partial y_2} y_1 \omega^2 - \frac{1}{4k_2}\left(\frac{\partial S}{\partial y_2}\right)^2 = 0. \tag{5}$$

После нахождения корней уравнения (5) и подставления результата в уравнение (4), получим функцию оптимального управления:

$$u = \frac{y_1\left[k_2\omega^2 - \sqrt{\left[k_2\left(k_1 + k_2\omega^4\right)\right]} - \sqrt{2}y_2\sqrt{k_2\left[\sqrt{\left[k_2\left(k_1 + k_2\omega^4\right)\right]} - k_2\omega^4\right]}\right]}{k_2}. \tag{6}$$

<u>Автоматическая настройка оптимального регулятора</u>

```
clc, clear
global R Q A B1
W=tf(237.73, [1 0 6.55])
sys=ss(W)
[A B C D]=ssdata(sys)
[n m]=size(A)
R=0.6*eye(n)
Q=0.9*eye(m)
B1=B*ones(1,n)
T=5
dt=0.01
N=T/dt
[k p e]= lqr(A, B1, Q, R)
x = zeros(2, N);
u= zeros(2, N-1);
t(1)=0
x(1,1)=1;
x(2,1)=10;
for i=1:N-1,
   u(:, i)= - k*x(:, i);
   x(:,   i+1)=(A*x(:,   i)+B1*u(:,
i))*dt+x(:,i);
   y(i)=C*x(:,i);
end
x1= x(1,:);
x2= x(2,:);
t = 0:dt:T-dt;
subplot(2, 1, 1);
plot(t, x1, 'b'),grid on;
subplot(2, 1, 2);
plot(t, x2, 'g'),grid on;
C1=eye(n)
D1=zeros(n)
```

В результате получаем следующие графики динамики системы:

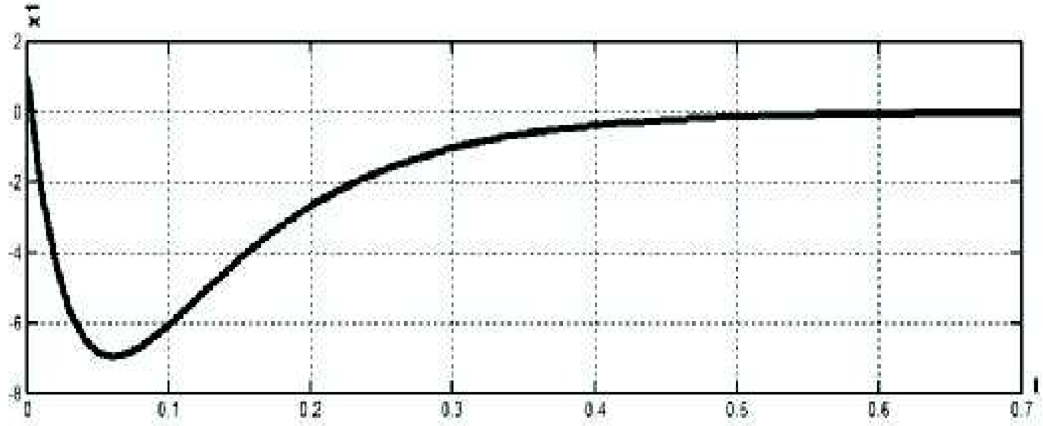

Рисунок 2 – График динамики системы относительно x1

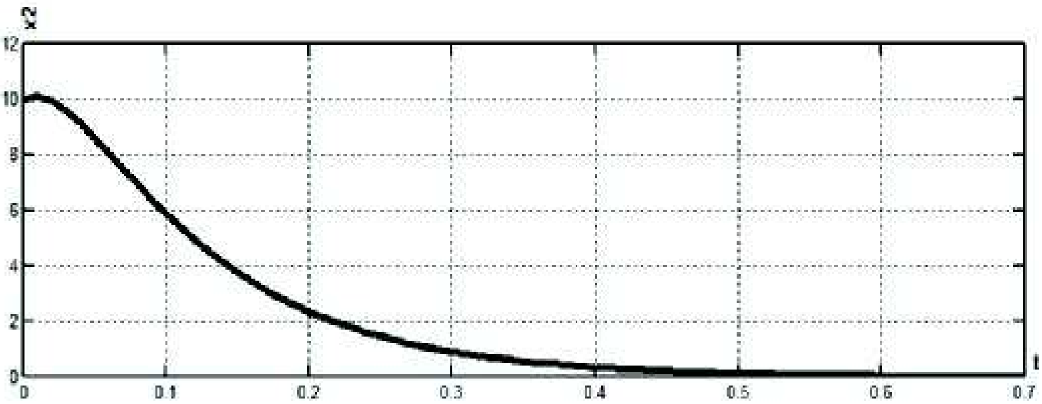

Рисунок 3 – График динамики системы относительно x2

По полученным графикам мы можем видеть, что время регулирования составляет 0,5с, что является достаточно хорошим результатом, однако при разгоне отклонение от оптимальной величины составляет 70%.

Синтез структурной схемы оптимального регулятора

Используя полученную функцию оптимального управления, составим структурную схему системы с оптимальным регулятором.

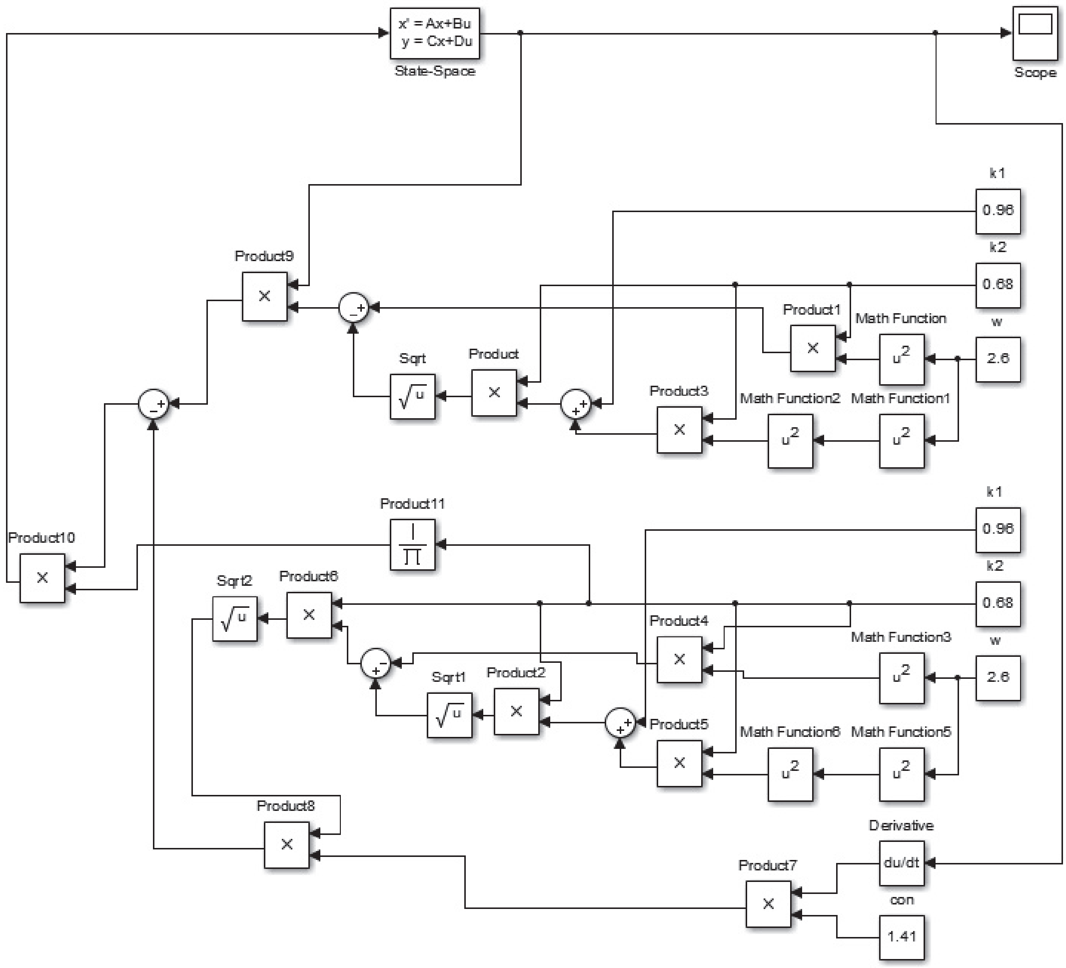

Рисунок 4 – Структурная схема системы с оптимальным регулятором

В результате моделирования мы получим следующие графики динамики системы (рис. 5).

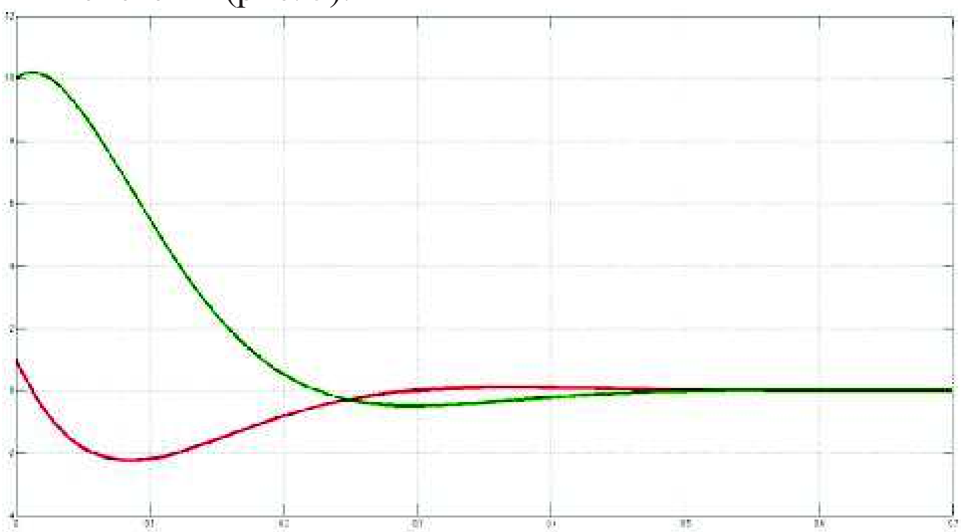

Рисунок 5 – Графики динамики системы с найденным оптимальным регулятором

На основе полученных данных мы можем видеть, что время регулирования составляет также 0,5с, однако перерегулирование при разгоне гораздо меньше, чем при автоматической настройке и составляет 22%.

Исходя из экспериментальных данных можно судить о том, что найденный оптимальный регулятор способен устранить колебания подвески при перемещении (разгон/торможение) рамы автооператора за довольно быстрый промежуток времени.

УДК 658.012.011.56

О.В. Герман, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)
А.В. Заяц, асп.
(БГУИР, г. Минск)

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА

ВВЕДЕНИЕ

Рассматривается задача построения нечеткого регулятора на базе построения численного прогноза с использованием обучающего нечеткого множества. Поставленная задача сводится к (до)определению нечеткого вектора параметров регулируемого объекта с оценкой нечеткой меры принадлежности регулируемой величины на основе имеющего тренда. Известны подходы к прогнозированию нечетких последовательностей [1–3]. Они используют различный математический аппарат – генетические алгоритмы, функции распределения нечетких значений, нейронные сети и др. При этом качество нечеткого прогнозирования (оценивания на ближайший момент времени для заданной линии тренда) в значительной степени увязывается с качеством используемой математической модели. Достоинство предлагаемого подхода состоит в том, что не предполагается знания законов распределения разрядов случайных многомерных объектов, а также их взаимосвязи (парной и групповой корреляции).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕЧЕТКОГО ПРОГНОЗНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Пусть дана таблица с нечеткими векторами, в которой представлены векторы и значения меры их принадлежности к некоторому нечеткому множеству (скажем, A) и к его дополнению ($\sim A$). Диапазон изменения случайной величины может быть известным или нет.