

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТОХАСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Доц. Новгородцев А.И., студ. Бигуненко Е.А.

Результаты оценки состояний объектов в параметрическом и фазовом пространствах и алгоритмов оптимального управления позволяют перейти к экспериментальному исследованию замкнутой стохастической системы управления, целью которого является:

- выбор оптимальных значений коэффициентов весовых матриц  $V, W$ ;
- проверка обеспечения синтезированной системой заданных требований по точности управления;
- сравнение оптимальных (без ограничений) и субоптимальных (с ограничениями) управлений.

Постановка задачи исследования. Для стохастического объекта управления, заданного в дискретной форме:

$$\begin{aligned} X_{k+1} &= \Phi_{k+1,k} X_k + \Gamma_{k+1,k} U_k + G_{k+1,k} f_k, \\ Y_k &= H_k X_k + V_k, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $X$ - $n$  – вектор состояния;

$U$ - $l$  – вектор управления;

$y$ - $m$  – вектор выхода;

$f$ - $r$  – вектор возмущений;

$V$ - $m$  – вектор шумов измерений выходов;

$\Phi, \Gamma, G, H$  – матрицы связей.

Предполагается, что начальное состояние системы (1) представляет гауссовский случайный  $n$  - вектор с конечным математическим ожиданием  $E[X_0] = \bar{X}_0$  и ковариационной матрицей  $P_0 = E[(X_0 - \bar{X}_0)(X_0 - \hat{X}_0)^T]$ . Векторные дискретные процессы  $f_k, V_k$  предполагаются некорреляционными гауссовскими случайными последова-

тельностью со следующими статическими характеристиками:

$$\begin{aligned} E[f_k] &= m_k, E[V_k] = 0 \\ E[V_i V_k^T] &= R_k \delta_{ik}, E[(f_i - m_i)(f_k - m_k)^T] = \Theta \delta_{ik} \end{aligned} \quad (2)$$

где  $R_k$  - положительно определенная, а  $\Theta$  - положительно полуопределенная симметрические матрицы, характеризующие интенсивности шумов измерений и возмущений.

На управление наложены ограничения вида:

$$-C \leq U \leq C, \quad (3)$$

где  $C$  - заданный  $l$ -мерный вектор.

Требуется определить физически реализуемый закон управления, который обеспечивает устойчивость замкнутой системы и минимизирует критерий качества

$$J = E \left[ \sum_{k=0}^{N-1} (X_{k+1}^T V_{k+1} X_{k+1} + \xi U_k^T W_k U_k) \right], \quad (4)$$

где  $N$  - количество интервалов дискретности процесса;  $\xi > 0$  - скаляр;  $V, W$  - симметричные весовые матрицы.

Решение задачи, полученное методом динамического программирования, имеет вид:

$$U_k^* = L_k \hat{X}_{k/k} + M_k m_k + N_k q_{k+1}, \quad (5)$$

где матрицы  $L_k, M_k, N_k$ , характеризующие коэффициенты усиления по каналам замкнутых и разомкнутых связей системы, следовательно, оптимальное управление объектами рассматриваемого класса требует определения оптимальной оценки  $\hat{X}_{k/k}$  вектора состояния объекта, которая может быть получена на основании соответствующего алгоритма оценивания.

Структурная схема моделирования приведена на рисунке 1. Она состоит из модели объекта, модели сервопривода (СП), блока оценки управления и генераторов случайных чисел с единичной дисперсией.

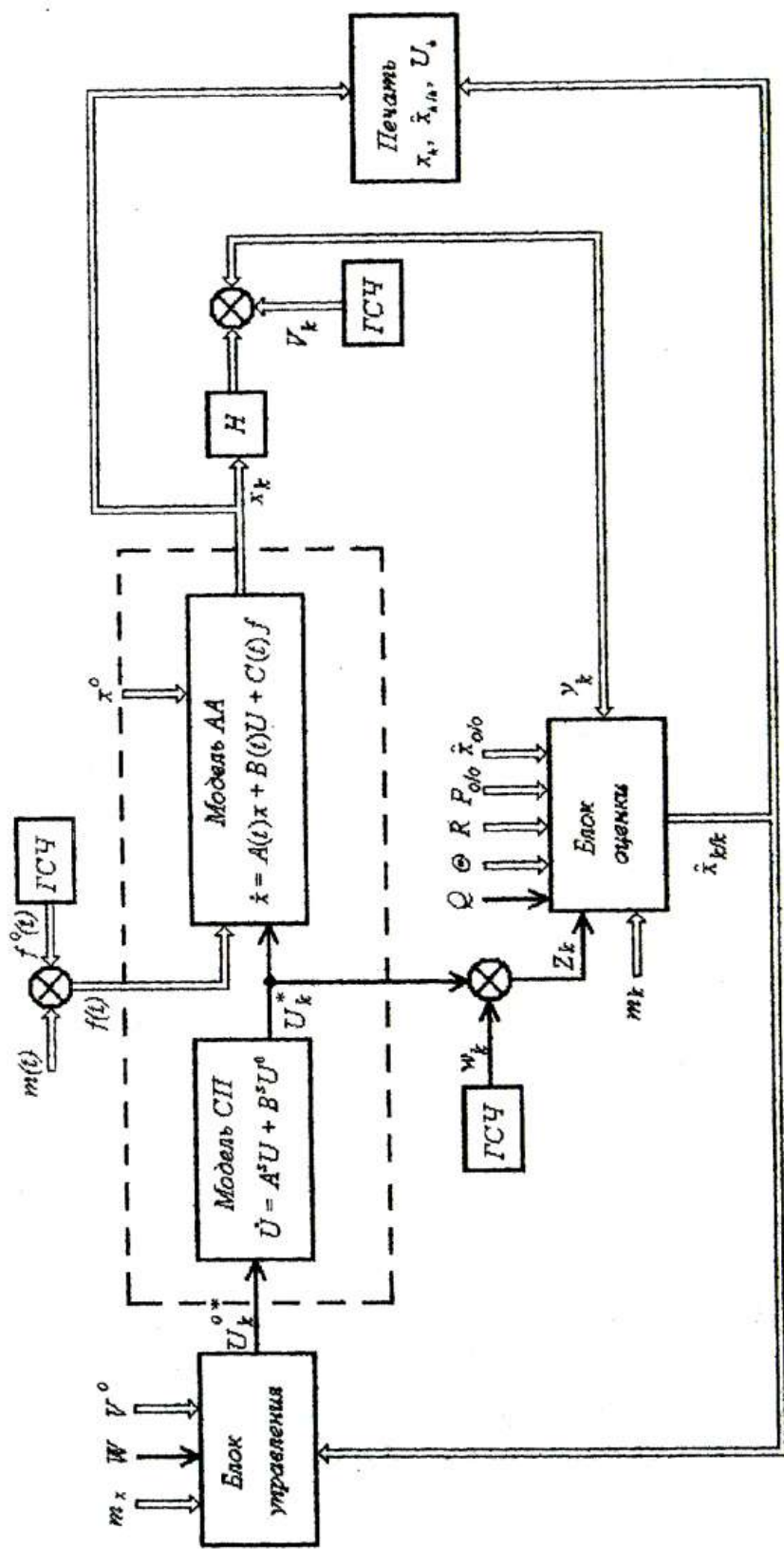


Рисунок 1 – Структурная схема моделирования оптимальной стохастической системы управления