

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ НЕФТИ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ НЕФТЕБАЗЕ

В.С. Мезенцева, Е.Н. Хамин, Ю.А. Тычинина

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Обоснование. Сырая нефть достаточно неоднородна и в своем составе содержит много солей, парафинов и растворенный газ. Нефть, поступающая с разных месторождений, существенно отличается своим составом, поэтому модель объекта управления подвержена параметрическим возмущениям.

Цель — изучить подход к компенсации параметрических возмущений методами обратной динамики.

Методы. Пусть объект управления описывается уравнением второго порядка:

$$\frac{d^2 x(t)}{dt^2} + a_1 \frac{dx(t)}{dt} + a_0 x(t) = b_0 u(t), \quad (1)$$

здесь $x(t)$ — выходной сигнал системы, $u(t)$ — управление, поступающее на объект управления.

Необходимо перевести объект из начального состояния

$$x(0) = 0, \quad \dot{x}(0) = 0$$

в стационарное конечное состояние

$$x(t_k) = x^0, \quad \dot{x}(t_k) = 0.$$

Необходимо, чтобы переходная функция объекта совпадала с переходной функцией модели, описываемой дифференциальным уравнением (2):

$$\frac{d^2 y(t)}{dt^2} + c_1 \frac{dy(t)}{dt} + c_0 y(t) = d_0 x^0, \quad (2)$$

где x^0 — постоянное воздействие на систему, например, единичная ступень; $y(t)$ — желаемый выходной сигнал.

При решении поставленной задачи находили минимум функционала $G(u)$ по градиентной схеме (3) [1].

$$G(u(t)) = \frac{1}{2} (\ddot{y}(t) - \ddot{x}(t))^2, \\ \frac{du(t)}{dt} = \lambda \frac{dG(u)}{du}, \quad \lambda = \text{const}. \quad (3)$$

Из (1) и (2) можно получить:

$$\frac{dG(u)}{du} = -b_0 (\ddot{y}(t) - \ddot{x}(t)), \\ \dot{u}(t) = k (\ddot{y}(t) - \ddot{x}(t)), \quad \text{где } k = -b_0 \lambda, \\ u(t) = k (\dot{y}(t) - \dot{x}(t)). \quad (4)$$

Можно показать, что алгоритм управления в итоге выражается (5):

$$u(t) = k \left(\int (d_0 x^0 - c_0 x(t)) dt - c_1 x(t) - \dot{x}(t) \right). \quad (5)$$

Подставив (5) в дифференциальное уравнение объекта (1), получим дифференциальное уравнение замкнутой системы.

$$\ddot{x}(t) + a_1 \dot{x}(t) + a_0 x(t) = b_0 k \left(\int (d_0 x^0 - c_0 x(t)) dt - c_1 x(t) - \dot{x}(t) \right).$$

Тогда передаточная функция замкнутой системы со входом x^0 и выходом $x(t)$ при $k \rightarrow \infty$ примет вид:

$$W(p) = \frac{d_0}{p^2 + c_1 p + c_0}. \quad (6)$$

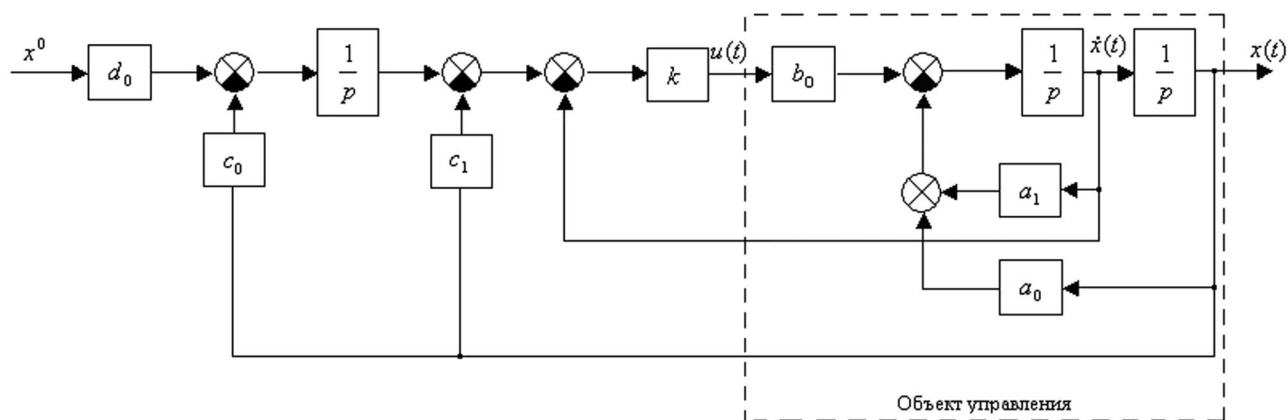


Рис. 1. Структурная схема системы управления

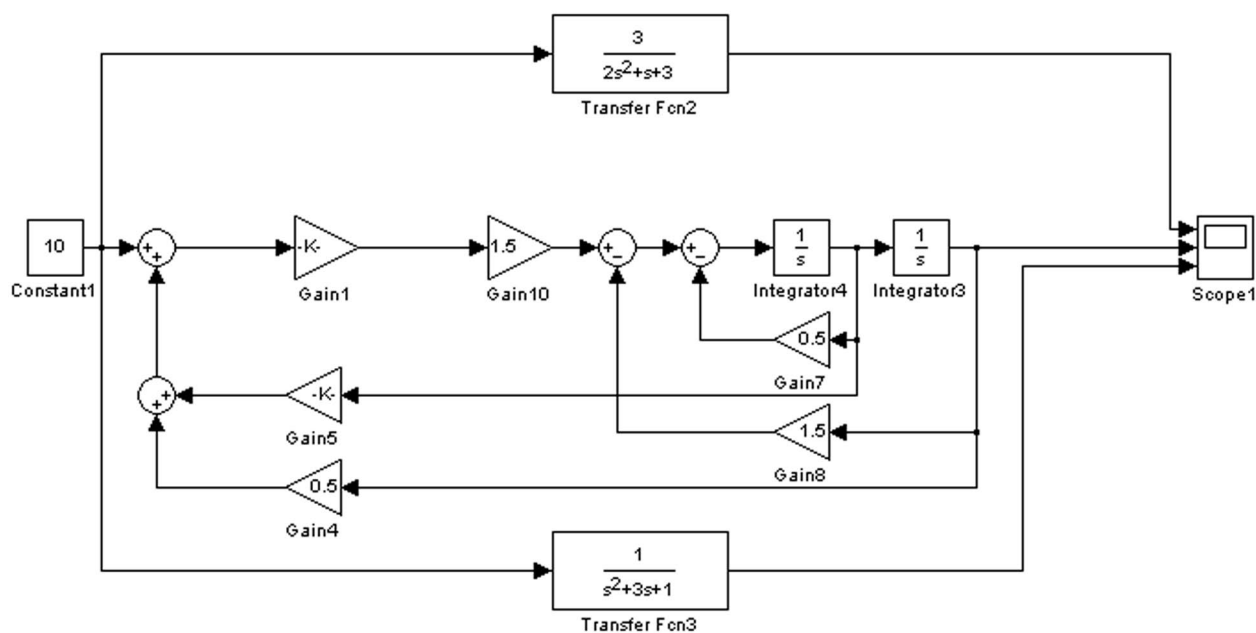


Рис. 2. Моделирование системы управления в Simulink

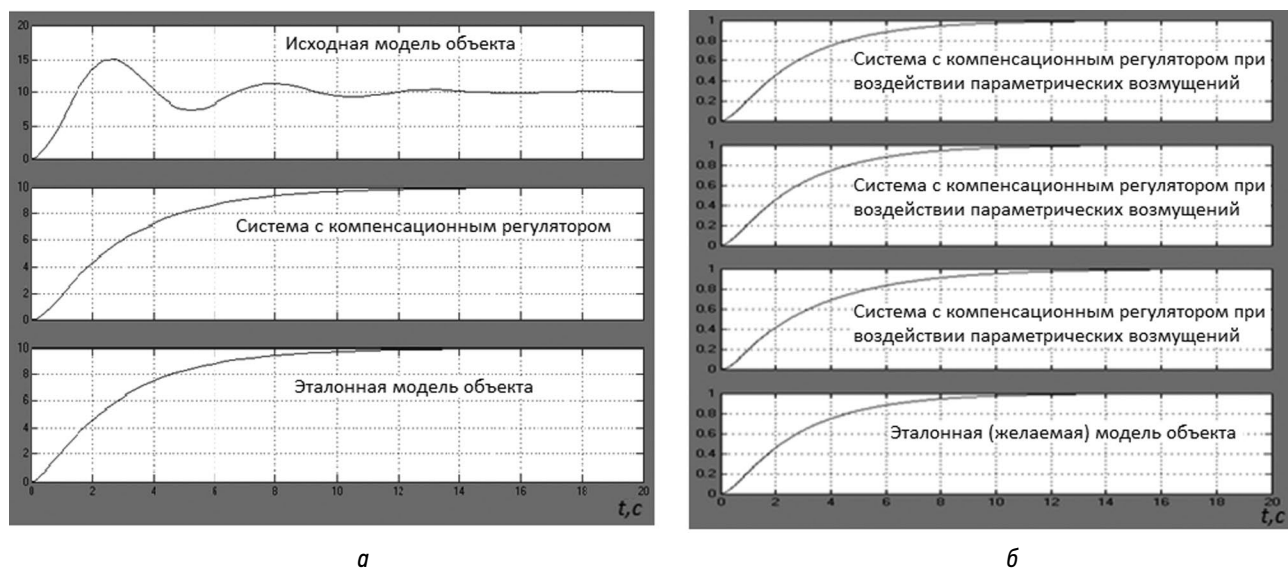


Рис. 3. Результаты моделирования: а — без возмущающего воздействия; б — при воздействии различных параметрических возмущений

То есть при $k \rightarrow \infty$ (6) преобразуется в передаточную функцию модели. Поскольку коэффициент k не может быть бесконечно большим, его необходимо взять таким, чтобы он удовлетворял заданной погрешности реализации желаемой функции.

Согласно (5) получаем структурную схему всей системы (рис. 1).

Результаты. По полученной структуре системы управления было проведено математическое моделирование (рис. 2). Объект управления, описываемый передаточной функцией второго порядка (7), был переведен из начального состояния $x(0) = 0$, $\dot{x}(0) = 0$ в конечное $x^0 = 10$ так, чтобы переходная функция системы совпадала с переходной функцией эталонной модели, имеющей передаточную функцию (8).

$$W(p) = \frac{3}{2p^2 + p + 3}, \quad (7)$$

$$W_{mod} = \frac{1}{p^2 + 3p + 1}. \quad (8)$$

Результаты моделирования приведены на рис. 3. Сначала было показано, что полученная система управления с компенсационным регулятором приводит переходную функцию системы к эталонной траектории (рис. 3, а), затем трижды были существенно изменены параметры объекта (введены параметрические возмущения), а система управлений осталась без изменения (рис. 3, б).

Таким образом, можно утверждать, что полученная система управления обладает свойством адаптивности к параметрическим возмущениям объекта.

Вывод. В работе рассмотрен вопрос построения системы управления адаптивной к параметрическим возмущениям.

Данный подход планируется в дальнейшей работе применить к процессу нагрева нефти в путевом подогревателе с учетом параметрических возмущений за счет изменения состава нефти [2].

Ключевые слова: обратная задача динамики; градиентный алгоритм синтеза управляющей структуры.

Список литературы

1. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики в теории автоматического управления. Москва: Машиностроение, 2004. 576 с.
2. Рапопорт Э.Я. Структурное моделирование объектов и систем управления с распределенными параметрами: учебное пособие. Москва: Высшая школа, 2003. 299 с.

Сведения об авторах:

Виктория Сергеевна Мезенцева — студентка, группа 2-иаит-1м, институт автоматики и информационных технологий; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: mezenceva-vika@mail.ru

Егор Николаевич Хамин — студент, группа 2-иаит-1м, институт автоматики и информационных технологий; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: skull98@mail.ru

Юлия Александровна Тычинина — научный руководитель, кандидат технических наук, доцент; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: ytychinina@list.ru