

УДК 681.5

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПИД-РЕГУЛЯТОРА В САР ТЕМПЕРАТУРЫ СО
СТАБИЛИЗАЦИЕЙ УПРАВЛЯЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

**MODELING OF THE PID REGULATOR IN THE AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROL
SYSTEM WITH CONTROL IMPACT STABILIZATION**

Ржецкий Владислав Юрьевич

студент 3 курса, БГАТУ, г. Минск, Беларусь, vlad-rzheuckii@mail.ru

Матвейчук Наталья Михайловна

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры АСУП

БГАТУ, г. Минск, Беларусь, matsveichuk@tut.by

Аннотация. В работе рассматривается система автоматического регулирования температуры в сушильном шкафу с пропорционально-интегрально-дифференциальным законом регулирования. Сформулирована задача синтеза САР, определены оптимальные параметры ПИД-регулятора, стабилизирующего управляющее воздействие.

Abstract. In the article the automatic temperature control system in a drying cabinet with a proportional-integral-differential regulation law is considered. The problem of automatic control system synthesis is formulated, optimal parameters of PID-controller with control impact stabilization are determined.

Ключевые слова: САР, ПИД-регулятор, температура, стабилизация, управляющее воздействие, моделирование.

Keywords: ATS, PID controller, temperature, stabilization, control, simulation.

В работе рассматривается система автоматического регулирования температур, состоящая из:

-сушильного шкафа с двумя помещёнными в него ёмкостями с водой (объекта управления), для которого выходной величиной является температура, входными величинами – мощность нагревателя (управляющее воздействие), и температура наружного воздуха (возмущающее воздействие). Путем проведения идентификации по экспериментальной переходной характеристике, получены передаточные функции объекта управления по управляющему:

$W_{oy}(s) = \frac{0.4334}{1200s + 1}$, и возмущающему $W_F(s) = \frac{1}{1200s + 1}$ воздействиям.

- датчика температуры – термометра сопротивления, представленного аperiodическим звеном 1-го порядка с передаточной функцией: $W(s) = \frac{3.9}{20s + 1}$, выходным сигналом является сопротивление.

- устройства управления (регулятора) – им является электронный микропроцессорный блок управления, реализованный на основе персональной ЭВМ, преобразующий напряжение,

поступающее со сравнивающего устройства, в выходной сигнал (мощность, подаваемую на нагревательный элемент) в соответствии с заданным законом регулирования (в работе рассмотрен ПИД-регулятор).

Сформулирована задача синтеза САР: определить оптимальные параметры ПИД-регулятора, удовлетворяющие следующим критерию:

$$J = \int_0^t (\Delta U(\tau))^2 dt,$$

где J – интегральный квадратичный критерий качества регулирования, $\Delta U(t) = U_{\text{ном}} - U(t)$, $U_{\text{ном}} = 2$, $U(t)$ – управляющее воздействие, подаваемое на объект управления; и ограничениям:

- по управляющему воздействию:
- время регулирования $t_{\text{пер}} \leq 2000\text{с}$;
- перерегулирование $\sigma \leq 30\%$;
- по возмущающему воздействию:
- время регулирования $t_{\text{пер}} \leq 2500\text{с}$;
- пере регулирование $\sigma \leq 30\%$.

Таким образом, искомые параметры регулятора обеспечат минимум отклонения управляющего воздействия от заданного значения, стабилизируя выходной сигнал регулятора. Определим параметры регулятора с помощью последовательного симплекс-метода путем моделирования в системе MATLAB Simulink. Для этого составим схему в среде Simulink (рисунок 1).

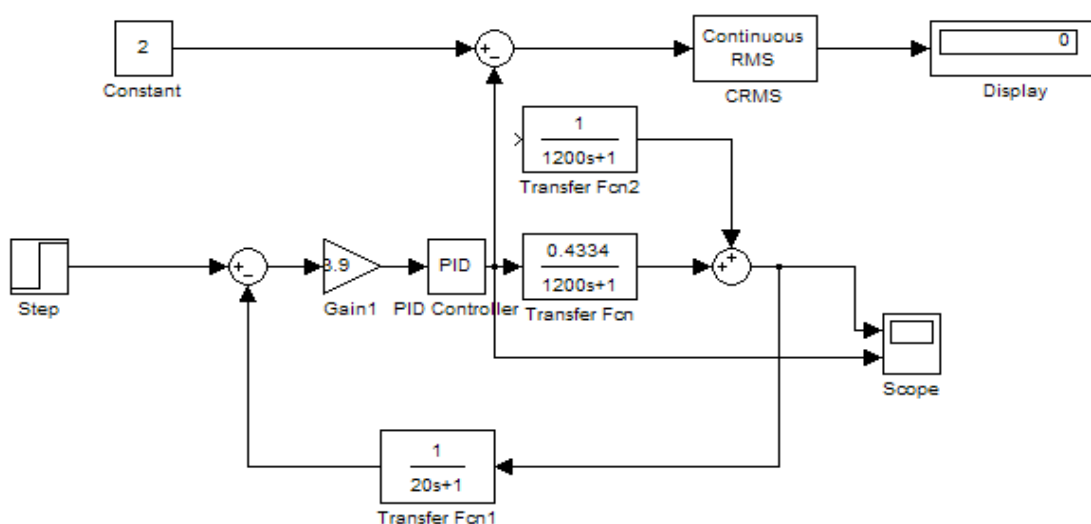


Рисунок 1 - Схема САР в среде Simulink

Для определения оптимальных параметров регулятора, был использован последовательный симплекс-метод. Центром плана были выбраны следующие значения: $K_p = 5$, $K_i = 0.01$, $K_d = 80$. Шаг изменения принят равным: $\Delta K_p = 0.5$, $\Delta K_i = 0.001$, $\Delta K_d = 5$.

После проведения опытов было определено, что оптимальные значения параметров ($K_p = 2$, $K_i = 0.002$, $K_d = 115$). Передаточная функция регулятора с найденными оптимальными имеет вид:

$$W_{\text{ддд}}(s) = 2 + 0,002 \cdot \frac{1}{s} + 115 \cdot s.$$

Проведено моделирование переходных характеристик САР, и определены следующие значения показателей качества регулирования:

по управляющему воздействию (см. рисунок 2):

- перерегулирование:

- время регулирования $t_{\text{рег}} = 900$ с.

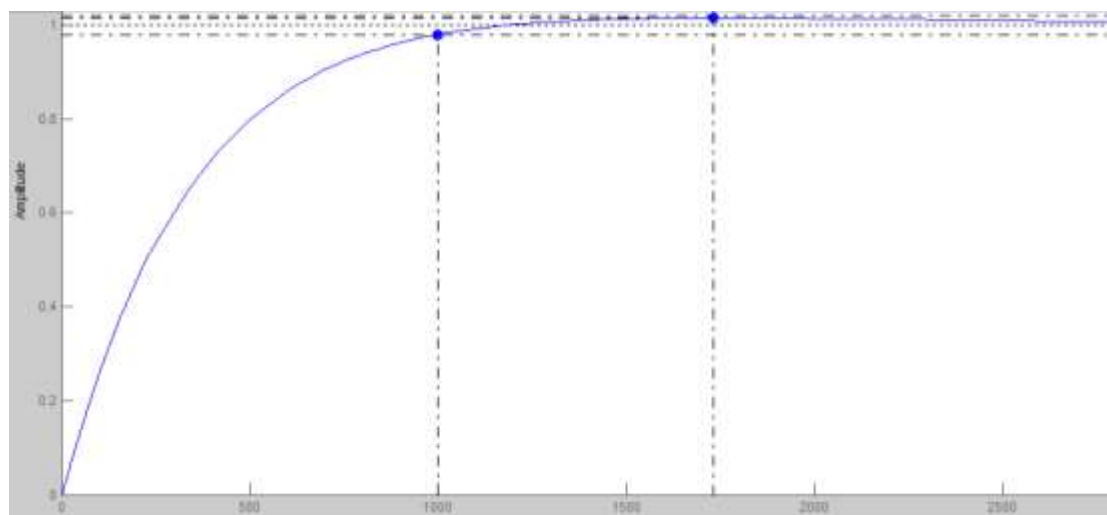


Рисунок 2 - Переходная функция САР по управляющему воздействию при оптимальных параметрах ПИД-регулятора

по возмущающему воздействию (см. рисунок 3):

- перерегулирование:

- время регулирования $t_{\text{рег}} = 1700$ с.

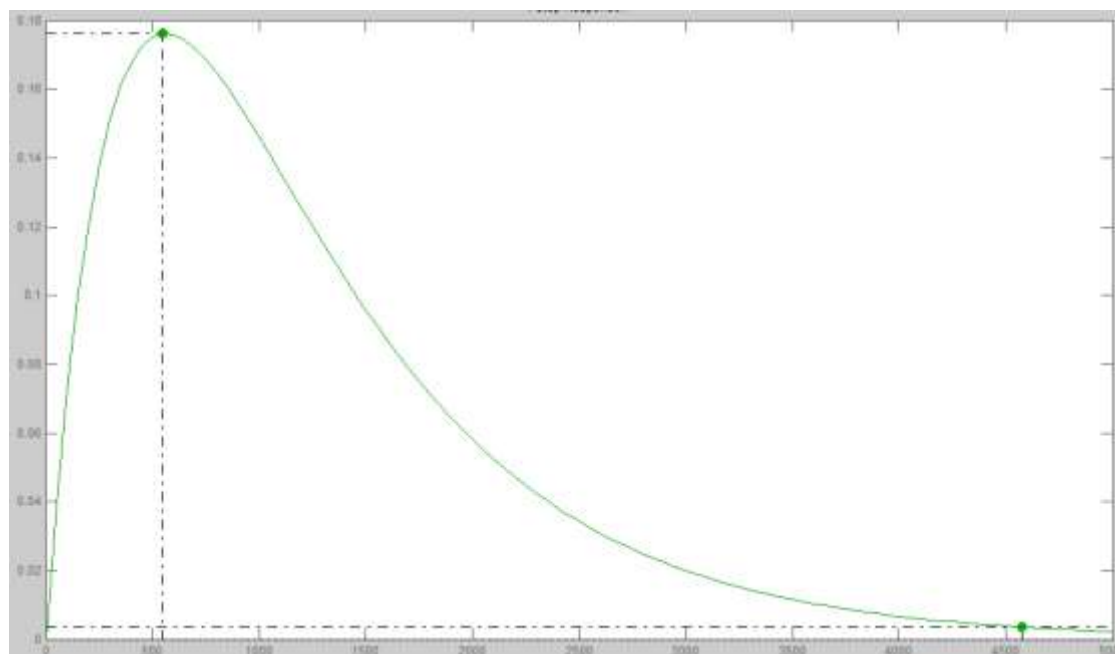


Рисунок 3 - Переходная функция САР по возмущающему воздействию при оптимальных параметрах ПИД-регулятора

Таким образом, при найденных параметрах регулятора минимизируется отклонение управляющего воздействия от номинального значения, при этом выполняются все заданные ограничения.

УДК 517.968

О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ ОБОБЩЁННОЙ МОДЕЛИ ВЯЗКОУПРУГОСТИ ФОЙГТА

ON SOME PROPERTIES OF WEAK SOLVABILITY OF THE GENERALIZED VOIGT VISCOELASTICITY MODEL

Роде Дмитрий Анатольевич

аспирант кафедры математического моделирования

ВГУ, г. Воронеж, Россия, dmitryrode@gmail.com

Аннотация. В настоящей работе устанавливается существование и единственность слабого решения начально-краевой задачи для системы уравнений движения жидкости, являющейся дробным аналогом модели вязкоупругости Фойгта. Реологическое уравнение данной модели содержит производные дробного порядка.

Abstract. In the present paper we establish the existence of weak solutions of an initial-boundary value problem for equations of viscoelastic model of fluid which is fractional analogous of Voigt model of viscoelasticity. Constitutive equation of the model given contains fractional derivatives.

Ключевые слова: вязкоупругая среда, уравнения движения, начально-граничная задача, слабое решение, модель вязкоупругости Фойгта, дробная производная.

Keywords: viscoelastic fluid, initial boundary-value problem, Voigt model of viscoelasticity, fractional derivative.

В $\Omega \subset R^n, N = 2, 3, \partial\Omega \in C^2$ рассматривается начально-краевая задача

$$\partial v / \partial t + \sum_{i=1}^N \frac{v_i \partial v}{\partial x_i} - \mu_0 \Delta v - \mu_1 \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \operatorname{Div} \int_0^t (t-s)^{-\alpha} \mathcal{E}(v)(s, x) + \nabla p = f(t, x); \operatorname{div} v(t, x) = 0, (t, x) \in Q_t = [0, T] \times \Omega; v(0, x) = v^0(x), x \in \Omega, v(t, x)|_{\Gamma} = 0, (t, x) \in \Gamma = [0, T] \times \partial\Omega. \quad (1)$$

Здесь $v(t, x) = (v_1(t, x), \dots, v_N(t, x))$ – вектор скорости, $p = p(t, x)$ – давление искомые функции, $\mathcal{E}(v)$ тензор скоростей деформации, с компонентами $\mathcal{E}_{ij}(v) = \frac{1}{2}(\partial v_i / \partial x_j + \partial v_j / \partial x_i)$.

Данная модель вязкоупругости соответствует механической модели параллельного соединения элементов Ньютона и Скотта-Блэра с уравнением состояния $\sigma = \mu_0 \mathcal{E}(v) + \mu_1 I_{0t}^{1-\alpha} \mathcal{E}(v), 0 < \alpha < 1$. Здесь $I_{0t}^{1-\alpha} z(t) = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \int_0^t (t-s)^{-\alpha} z(s) ds$ является дробным интегралом Римана-Лиувилля порядка $1 - \alpha$.

Функция $v \in L_2(0, T; V) \cap L^\infty(0, T; H) \cap W_1^1(0, T; V^{-1})$ называется слабым решением задачи (1), если она удовлетворяет тождеству

$$d(v, \varphi) / dt - \sum_{i=1}^N \left(v_i v, \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} \right) + \mu_0 (\mathcal{E}(v), \mathcal{E}(\varphi)) + \mu_1 \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \left(I_{0t}^{1-\alpha} \mathcal{E}(v)(s, x) ds, \mathcal{E}(\varphi) \right) = f(f, \varphi), \forall \varphi \in V \text{ п. в. } t \in [0, T].$$

Теорема. При $f \in L_2(0, T; V^{-1})$ и $v^0 \in H$ существует слабое решение задачи (1). При $N = 2$ оно единственно.

Результат получен совместно с Орловым В.П. и Плиевым М.А.

Список литературы

1. Темам Р. Уравнение Навье-Стокса. / Темам Р. // Москва, Мир, 1981. 408 с.

УДК 517.935

ОБ ОЦЕНКЕ СРЕДНЕЙ ВРЕМЕННОЙ ВЫГОДЫ В ВЕРОЯТНОСТНЫХ МОДЕЛЯХ СБОРА РЕСУРСА

ON THE ESTIMATION OF AVERAGE TIME PROFIT IN PROBABILITY MODELS OF HARVESTING

Родина Людмила Ивановна

доктор физико-математических наук, доцент,
профессор кафедры «Функциональный анализ и его приложения»
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет»