



*Национальный исследовательский университет ИТМО
(Университет ИТМО)*

Факультет систем управления и робототехники

Дисциплина: Теория автоматического управления
Отчет по лабораторной работе №8.
Вариант 6

Студенты:
Кулижников Е.Б.
Евстигнеев Д.М.
Группа: *R34423*
Преподаватель:
Парамонов А.В.

Санкт-Петербург
2022

- **Цель работы**

Освоение метода расширенной ошибки в задачах адаптивного управления по выходу

- **Ход работы**

Данные для 6 варианта:

Вар.	Коэффициенты модели объекта			Параметры полинома $K_M(s)$		Параметр полинома $K(s)$	Сигнал задания $g(t)$
	a_0	a_1	b_0	k_{M1}	k_{M0}	k_0	
6	-3	-4	2	12	36	6	$sign(\sin 0,5t)$

- **Дано**

Рассмотрим минимально-фазовую линейную модель объекта, представленную в форме “вход-выход”:

$$y^{(n)} + a_{n-1}y^{(n-1)} + a_{n-2}y^{(n-2)} + \dots + a_0y = b_mu^m + b_{m-1}u^{m-1} + \dots + b_0u, \quad (7.1)$$

где $a_i, i = \overline{0, n-1}, b_j = \overline{0, m}$ — неизвестные параметры объекта. Предполагается, что знак величины b_m известен. Пусть в решаемой задаче $b_m \geq b_{\min} > 0, b_{\min}$ — известная величина.

Вместе с моделью рассмотрим динамические фильтры

$$\dot{v}_1 = \Lambda v_1 + e_{n-1}u, \quad (7.2)$$

$$\dot{v}_2 = \Lambda v_2 + e_{n-1}y, \quad (7.3)$$

где $v_1 \in R^{n-1}, v_2 \in R^{n-1}$ — векторы состояния фильтров, $e_{n-1} = col(0, \dots, 0, 1), e_{n-1} \in R^{n-1}$,

$$\Lambda = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -k_0 & -k_1 & -k_2 & \dots & -k_{n-2} \end{bmatrix}.$$

Матрица Λ имеет сопровождающий полином

$$K(s) = s^{n-1} + k_{n-2}s^{n-2} + k_{n-3}s^{n-3} + \dots + k_0.$$

$$y(t) = \frac{1}{K_M(s)} [\psi^T \omega(t) + b_m u(t)] + \delta(t), \quad (7.4)$$

где $\omega^T = [v_1^T, v_2^T, y]$, $\delta(t)$ — экспоненциально затухающая функция, определяемая ненулевыми начальными условиями.

• Постановка задачи

Рассмотрим задачу слежения выходной переменной y за эталонным сигналом y_m , формируемым эталонной моделью вида

$$y_M(t) = \frac{k_0}{K_M(s)} [g(t)],$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (y_M(t) - y(t)) = 0$$

Закон управления формируется в виде:

$$u = \frac{1}{b_m} (\widehat{\psi}^t \omega_p + k_0 g)$$

Введем в рассмотрение сигнал расширенной ошибки:

$$\hat{\varepsilon} = \varepsilon - \widehat{\psi}^t \overline{\omega_p} + \frac{1}{K_M(s)} [\widehat{\psi}^t \omega_p],$$

$$\omega_p = -\omega, \overline{\omega_p} = \frac{1}{K_M(s)} [\omega_p]$$

Статическая модель ошибки: $\hat{\varepsilon} = \widetilde{\psi}^t \overline{\omega_p}$

Тогда алгоритм адаптации приобретает вид: $\dot{\hat{\psi}} = \gamma \frac{\overline{\omega_p}}{1 + \overline{\omega_p} \omega_p^T} \hat{\varepsilon}$

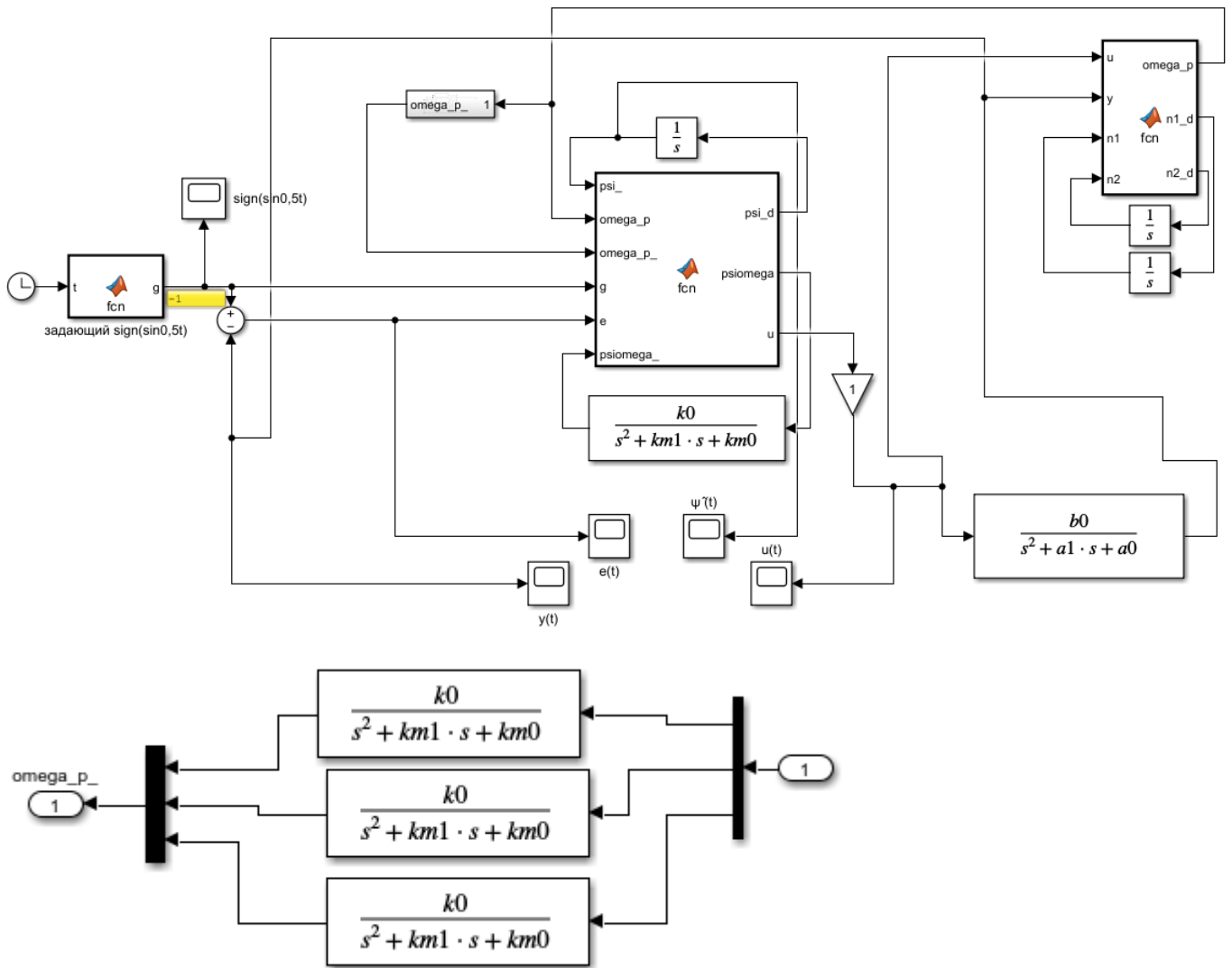


Рисунок 1. Модель симуляции

```
function [psi_d,psiomega,u]=fcn(psi_,omega_p,omega_p_,g,e,psiomega_, b0, k0)
psiomega=psi_'*omega_p;
e_=e-psi_'*omega_p_+psiomega_;
g1=0.5;
psi_d=g1*omega_p_*e_/(1+omega_p_'*omega_p_);
u=(psi_'*omega_p+k0*g)/b0;

function [omega_p,n1_d,n2_d]=fcn(u,y,n1,n2, k0)
n1_d=-k0*n1+u;
n2_d=-k0*n2+y;
omega=[n1',n2',y]';
omega_p=-omega;
```

1. Стабилизирующий адаптивный регулятор

$$v_1 = 0; v_2 = 1; \hat{\psi} = [1 \quad 2 \quad 3]^T$$

Различные значений γ

- $\gamma = 100$
- $\gamma = 10$
- $\gamma = 0.1$

- $\gamma = 100$



Рисунок 2 График изменения $y(t)$

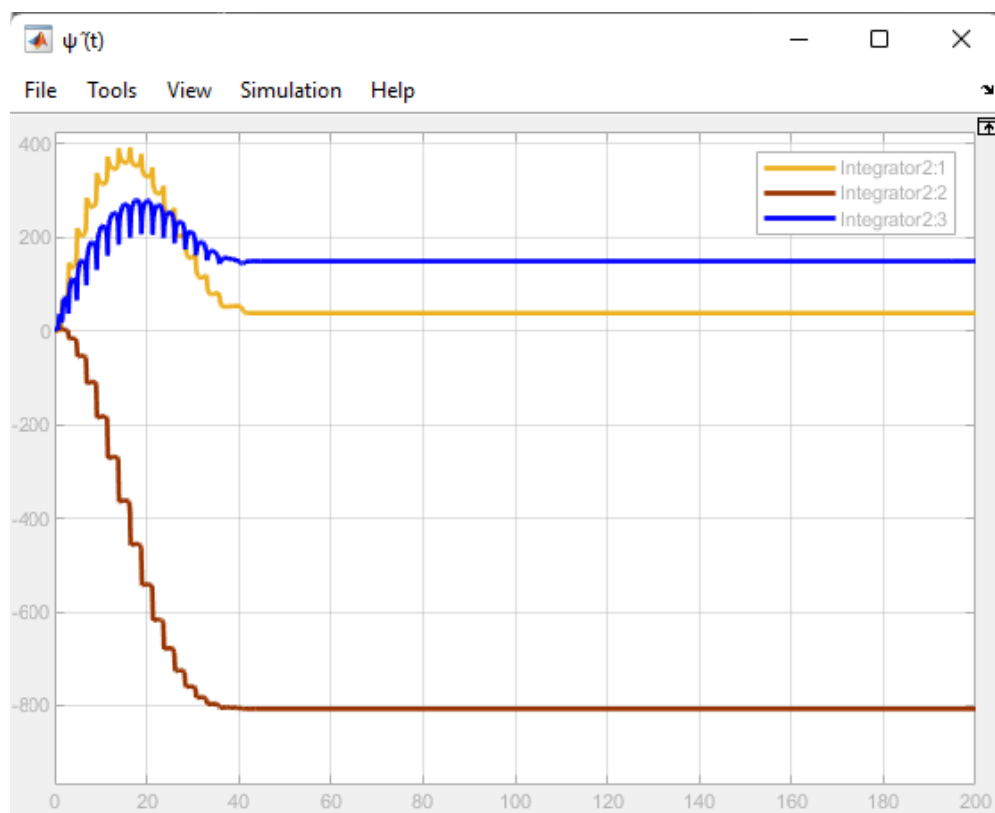


Рисунок 3 График изменения $\psi(t)$

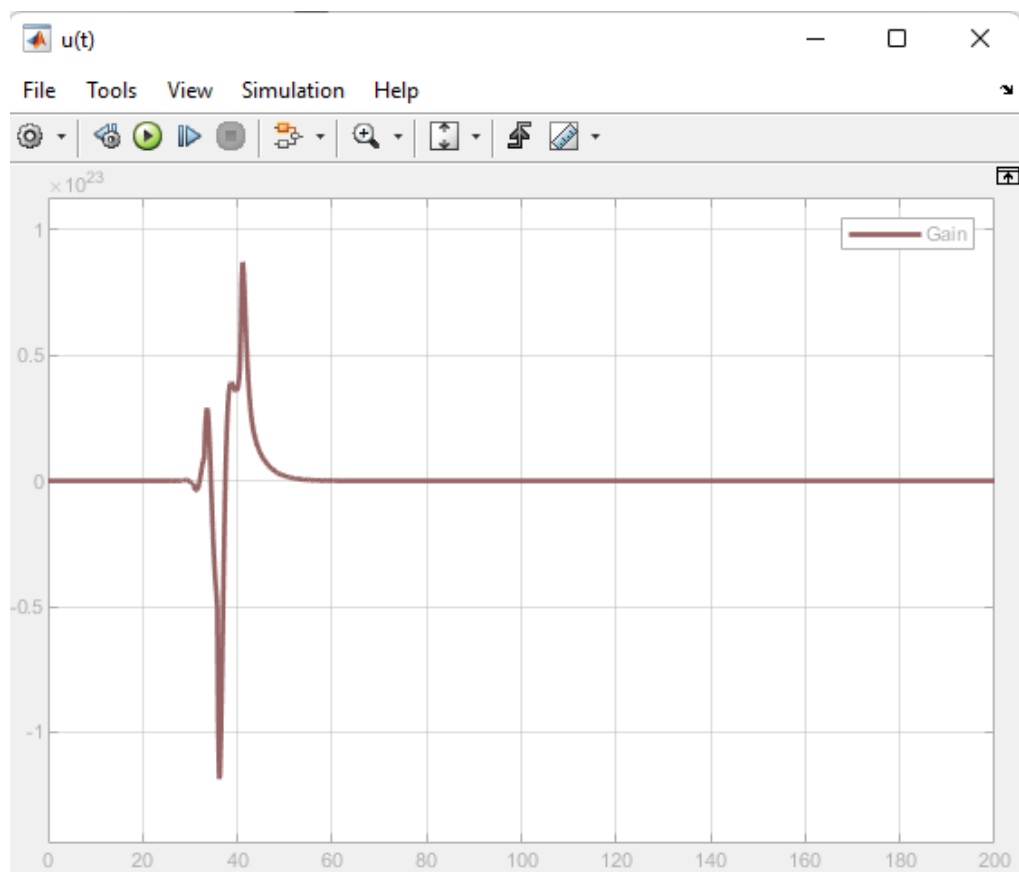


Рисунок 4 График изменения $u(t)$

- $\gamma = 10$

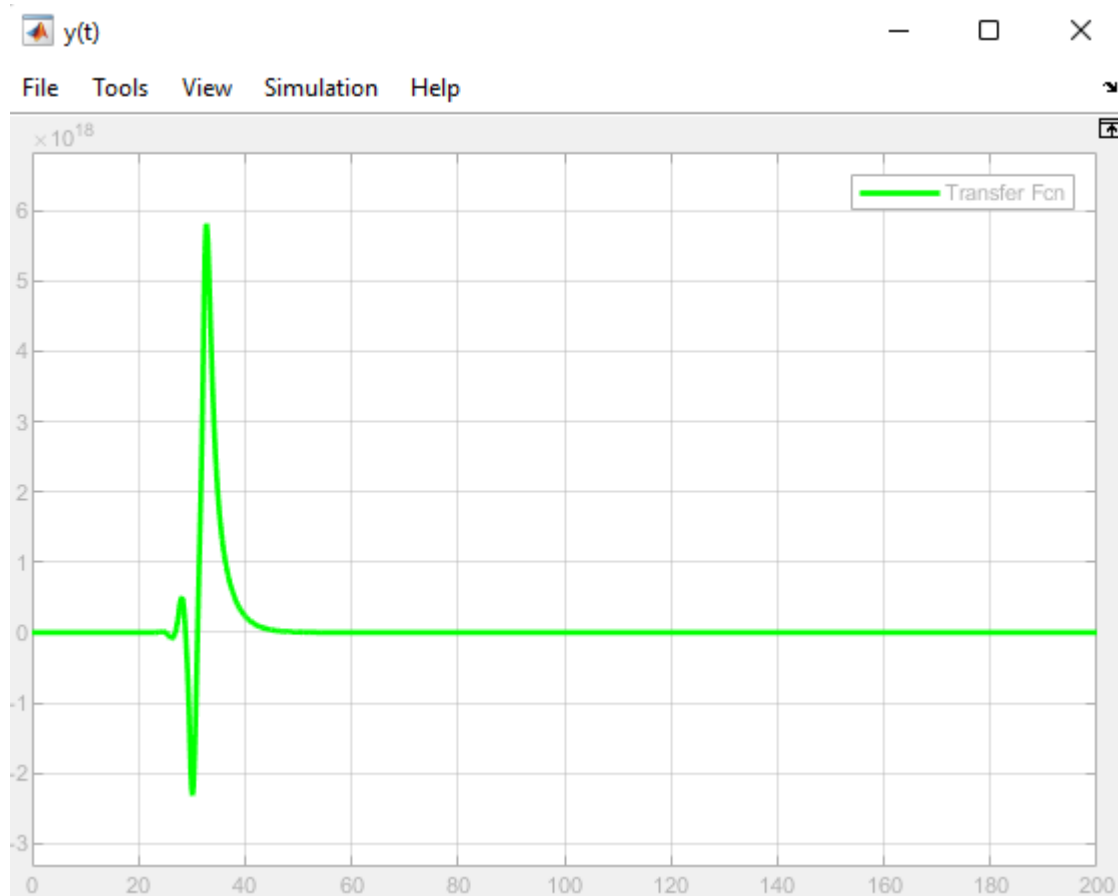


Рисунок 5 График изменения $y(t)$

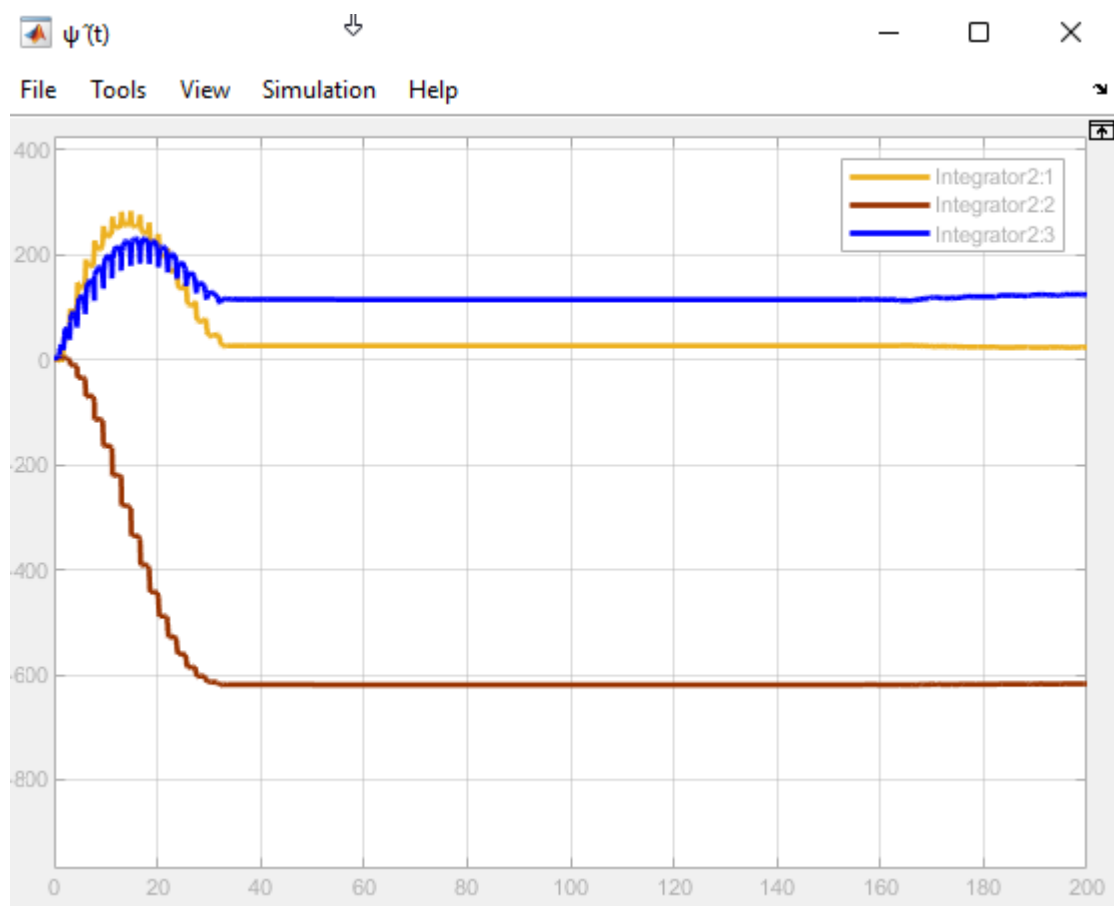


Рисунок 6 График изменения $\psi'(t)$

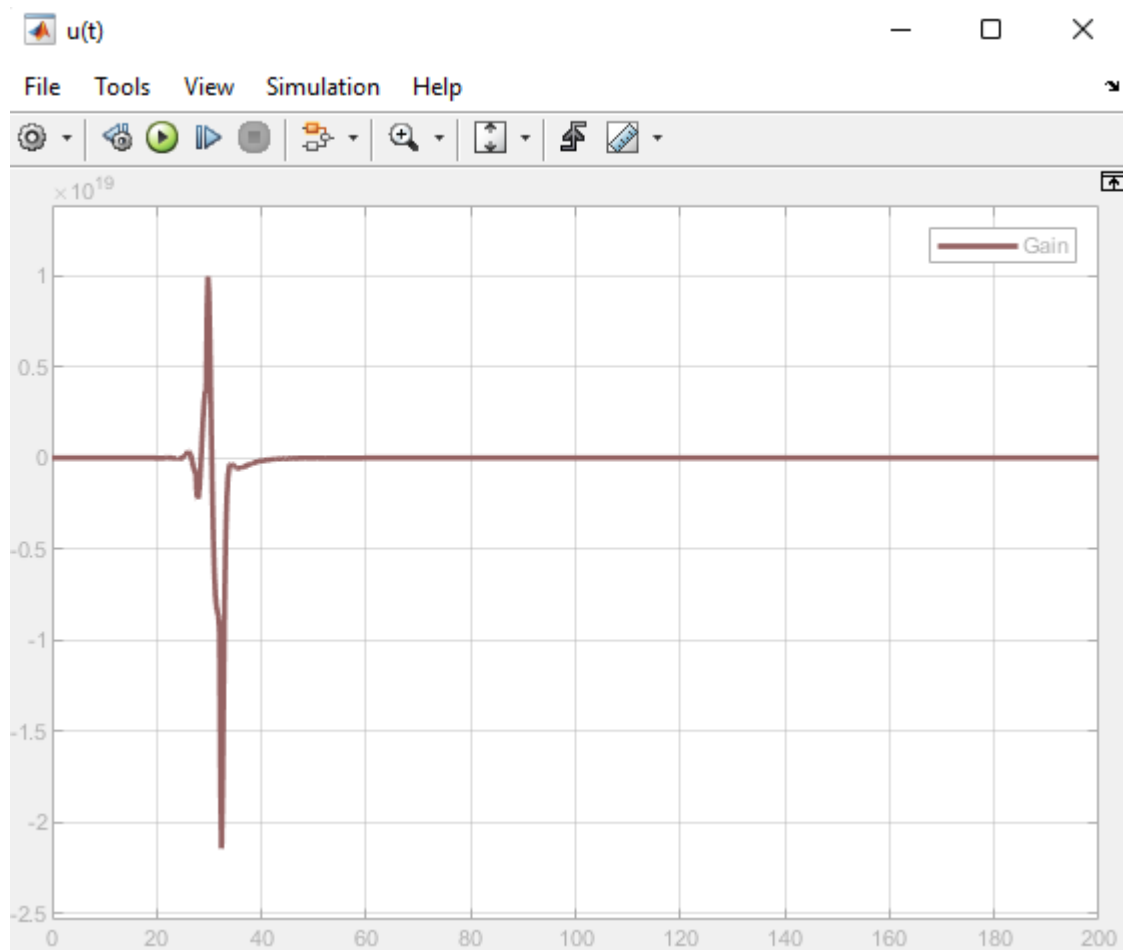


Рисунок 7 График изменения $u(t)$

- $\gamma = 0.1$

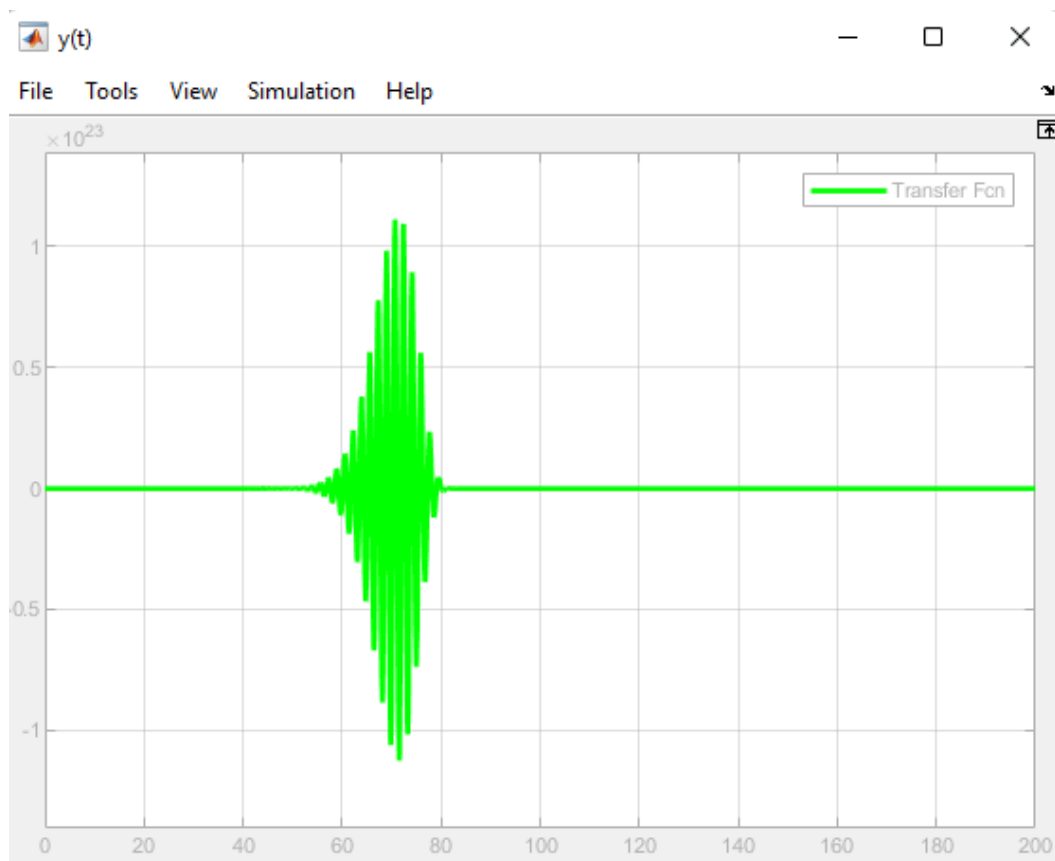


Рисунок 8 График изменения $y(t)$

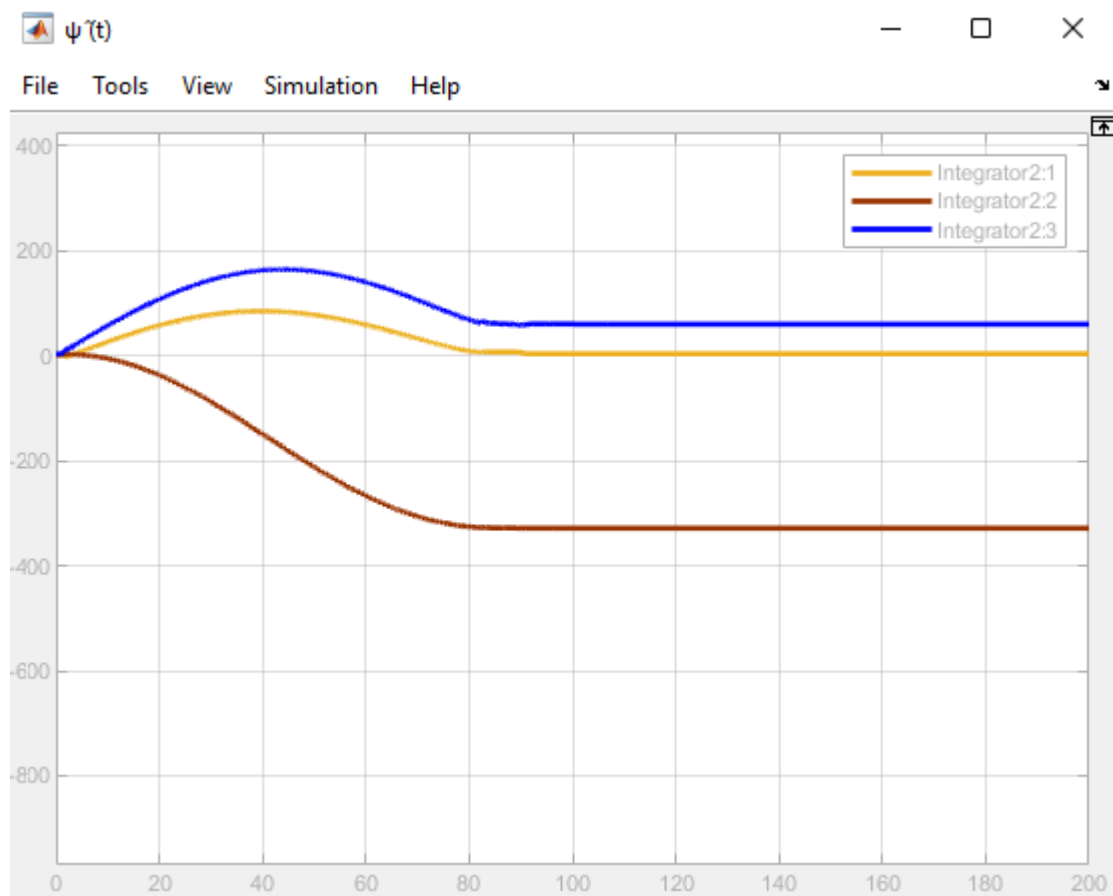


Рисунок 9 График изменения $\psi'(t)$

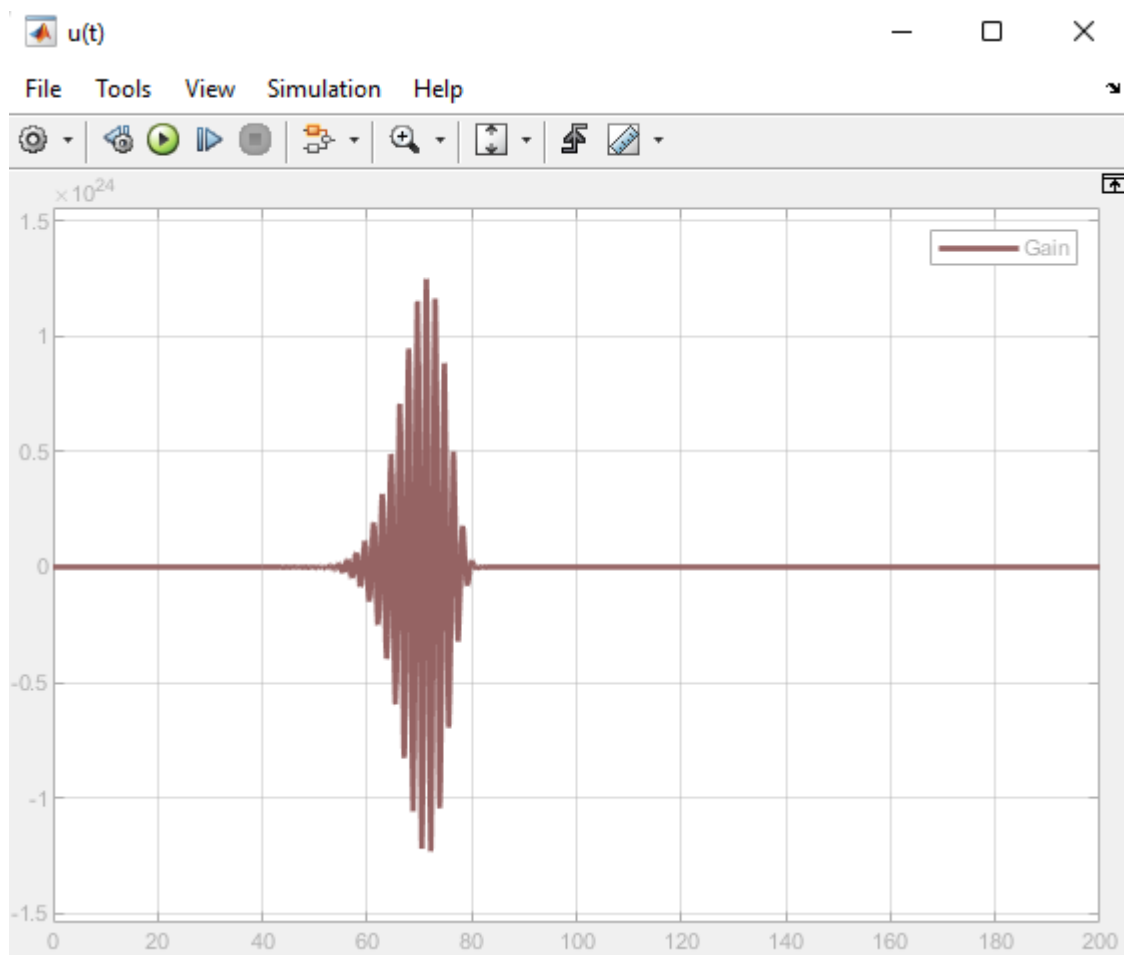


Рисунок 10 График изменения $u(t)$

2. Следящий адаптивный регулятор

$$v_1 = 0; v_2 = 0; \hat{\psi} = [0 \quad 0 \quad 0]^T$$

$$\bullet \gamma = 100$$

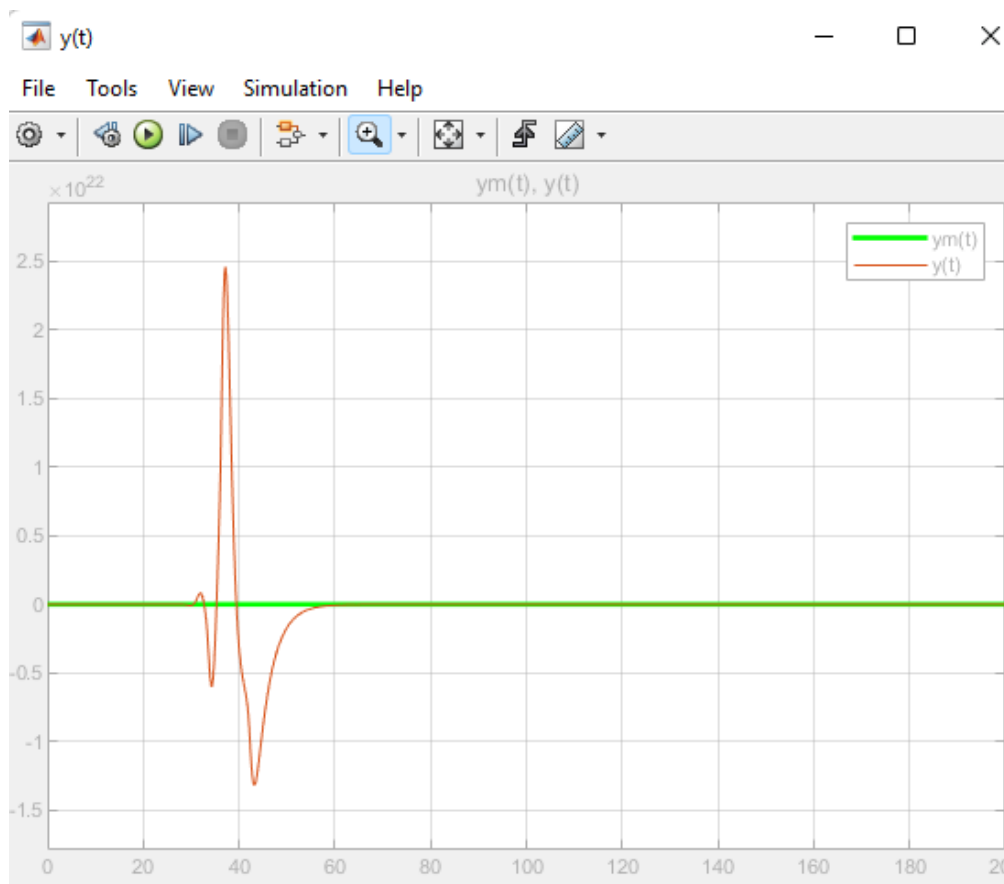


Рисунок 11 График изменения $y(t)$ и $y_m(t)$

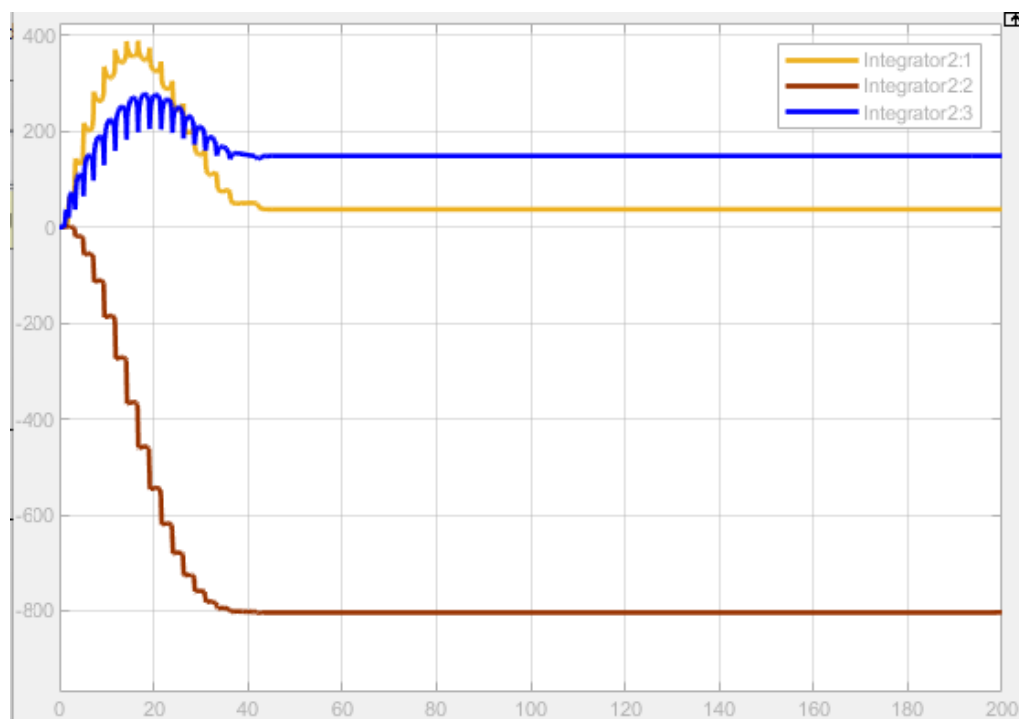


Рисунок 12 График изменения $\hat{\psi}(t)$



Рисунок 13 График изменения $u(t)$

- $\gamma = 10$

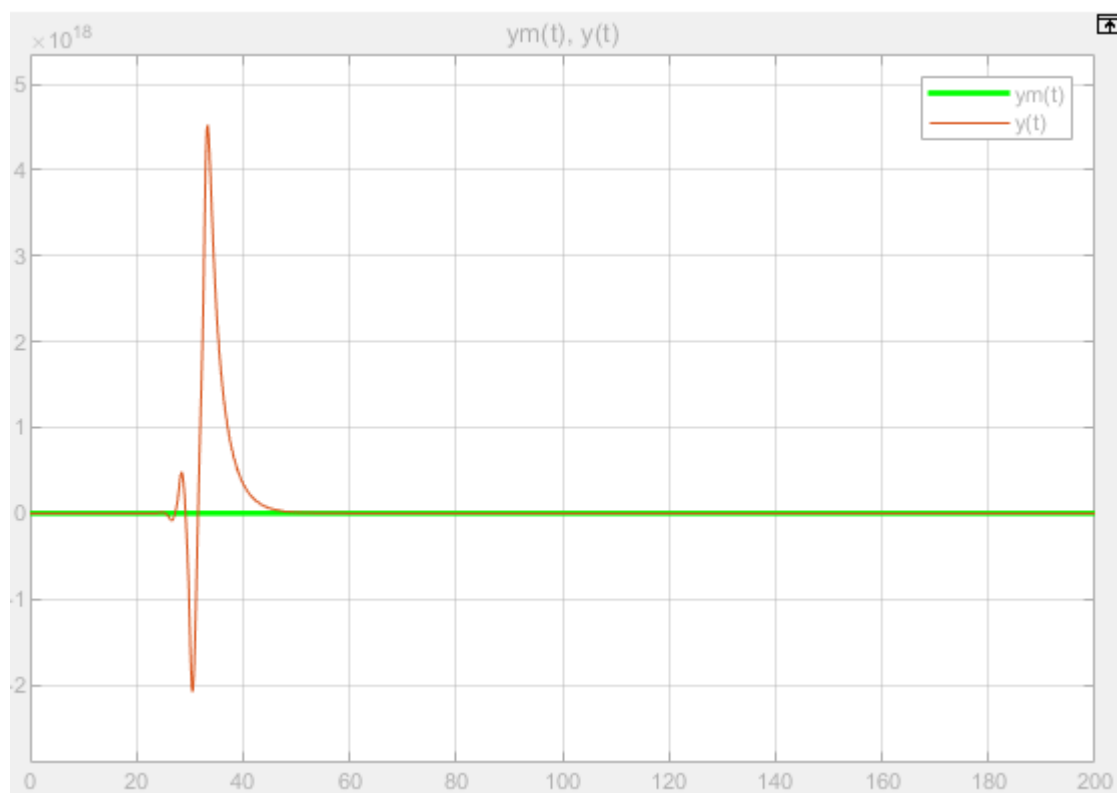


Рисунок 14 График изменения $y(t)$ и $y_m(t)$

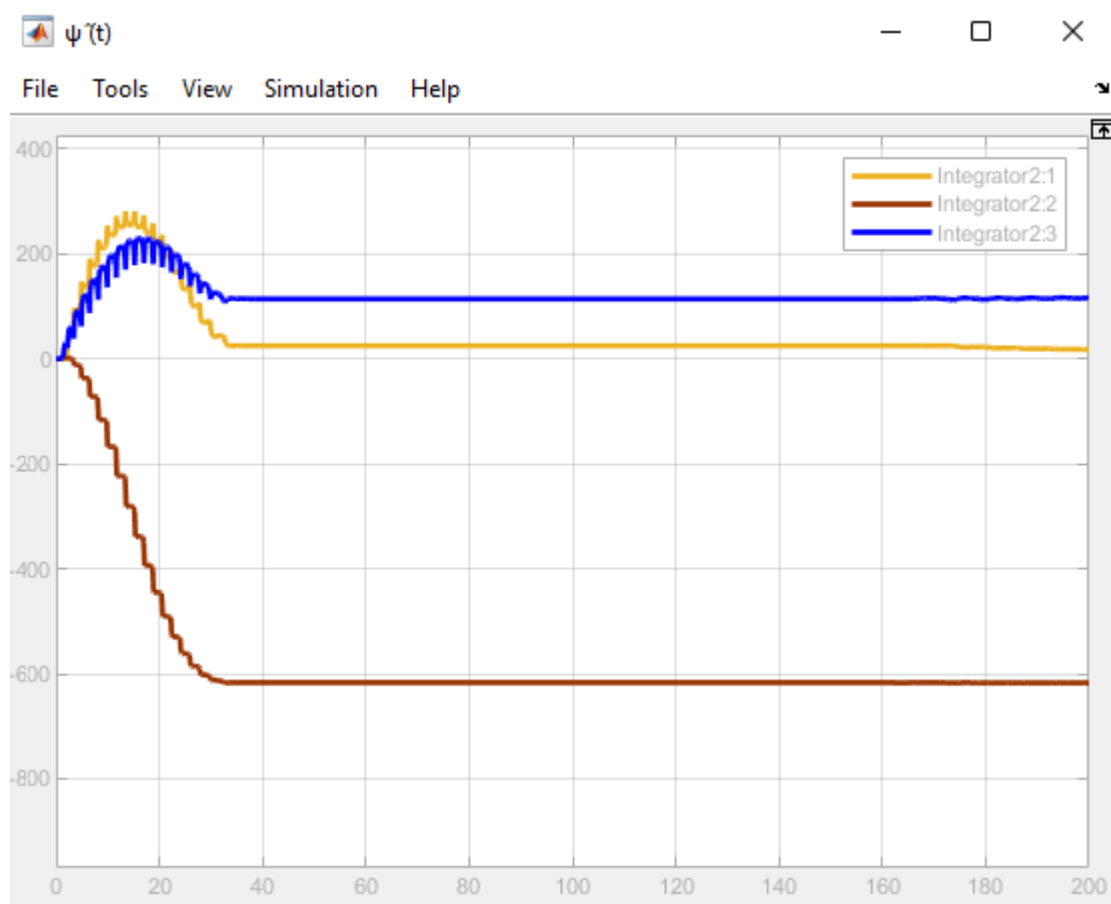


Рисунок 15 График изменения $\hat{\psi}(t)$

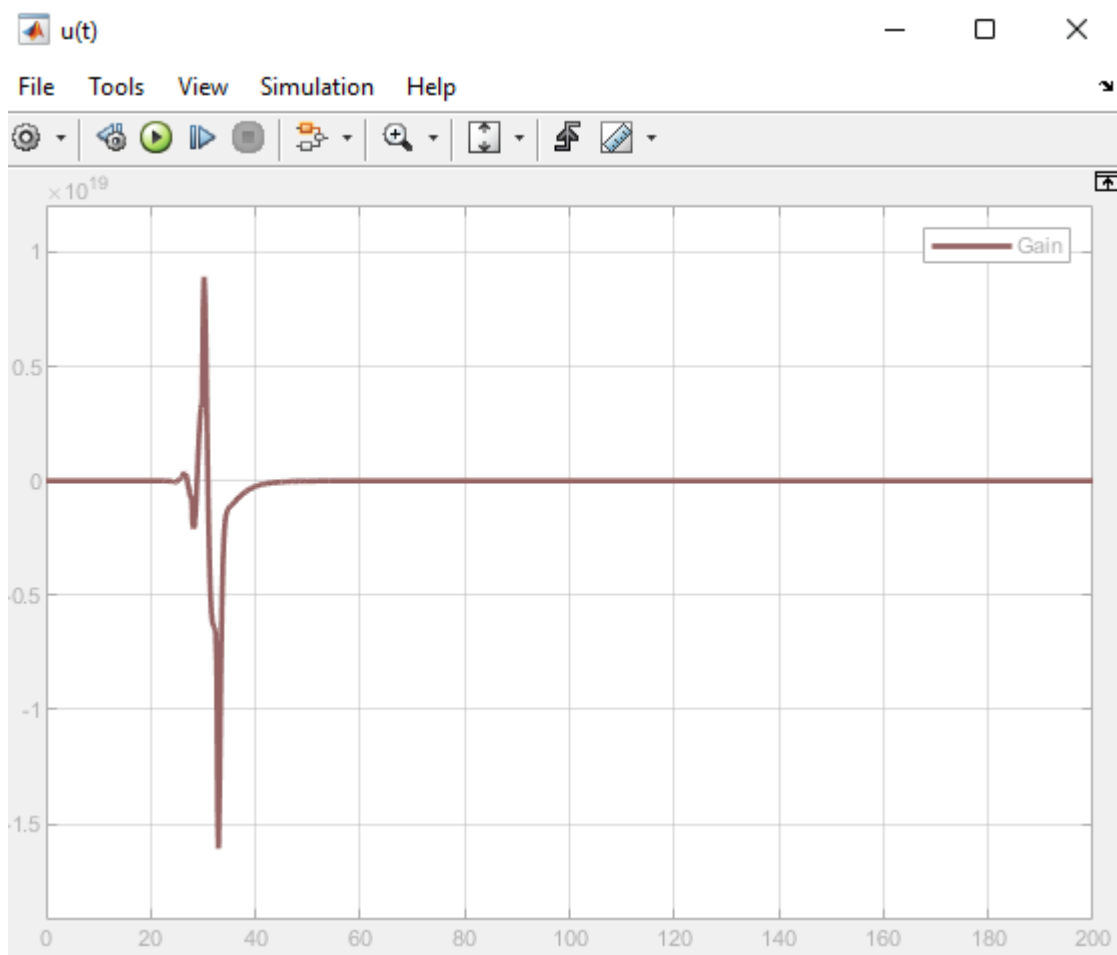


Рисунок 16 График изменения $u(t)$

- $\gamma = 0.5$

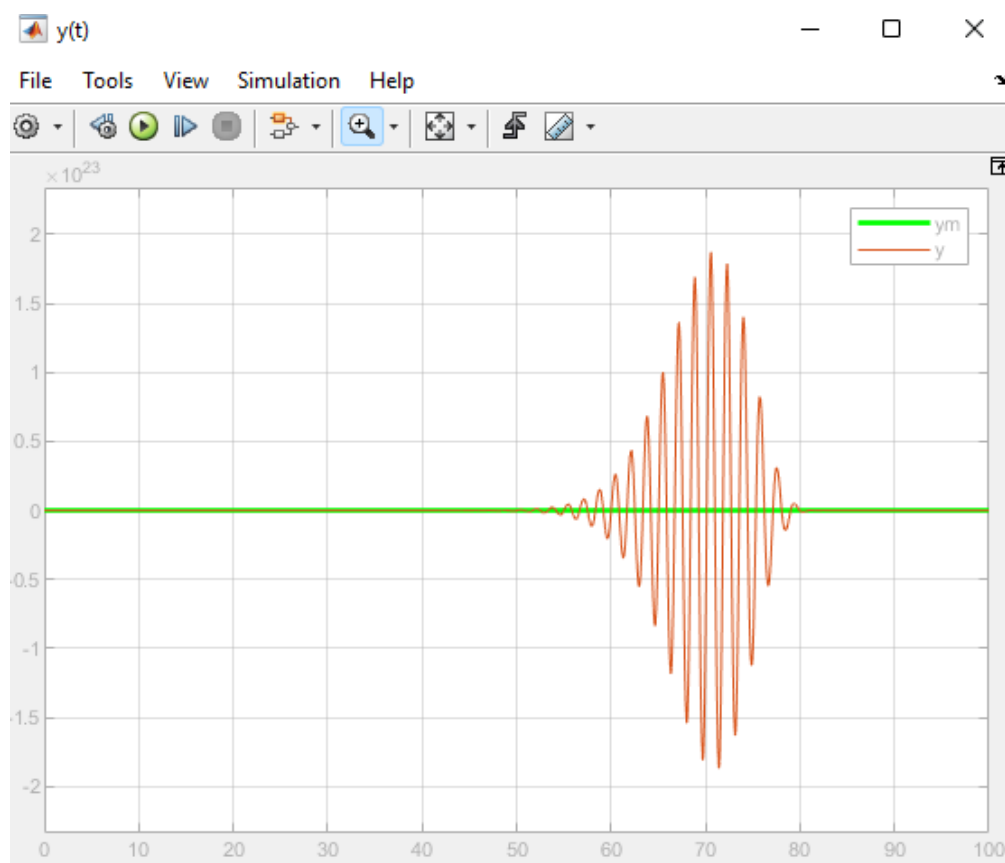


Рисунок 17 График изменения $y(t)$ и $y_m(t)$

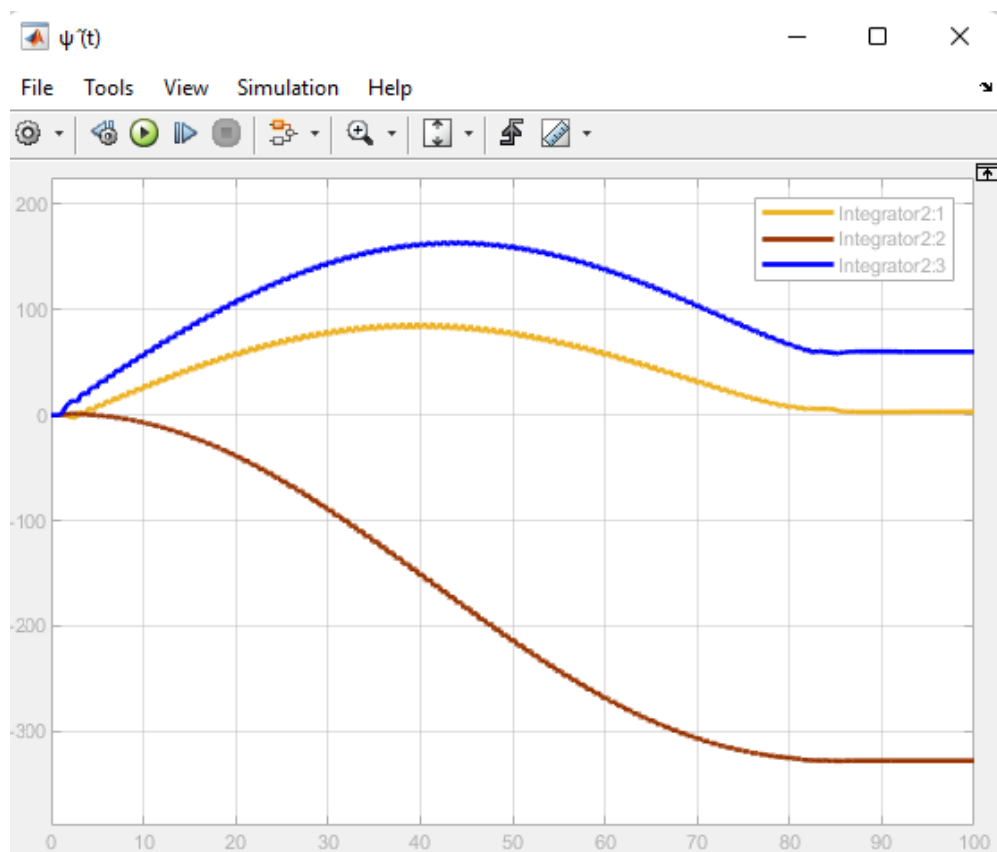


Рисунок 18 График изменения $\hat{\psi}(t)$

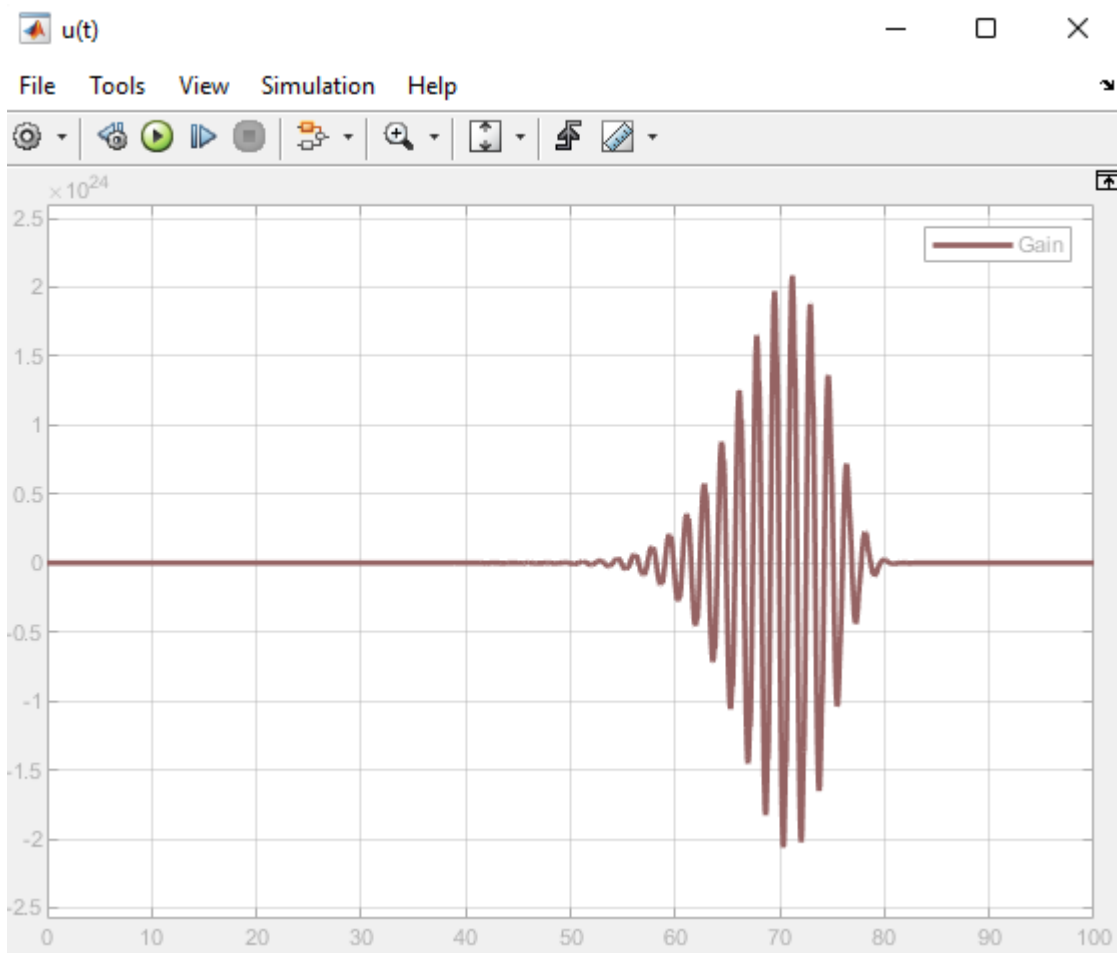


Рисунок 19 График изменения $u(t)$

Вывод: в ходе выполнения работы была построена система адаптивного управления по выходу с расширенной ошибкой. При редактировании коэффициента адаптации γ меняется динамика ее колебательности, скорость сходимости ошибки к нулю.