

Лабораторная работа №1

Исследование статической системы стабилизации высоты в тангажном варианте

Пащенко А.Е.
Зарубин Р.А.
Вариант 3

Цель работы: Исследование методов математического моделирования системы стабилизации высоты на персональном компьютере.

1 Теоретический минимум

Стабилизация высоты полёта может быть достигнута как воздействием на руль высоты, так и посредством изменением тяги. Будем рассматривать наиболее распространённый случай, когда скорость полёта постоянна, а высота стабилизируется рулём высоты.

В общем виде при постоянной скорости полёта структурная схема высоты показана на рис. 1

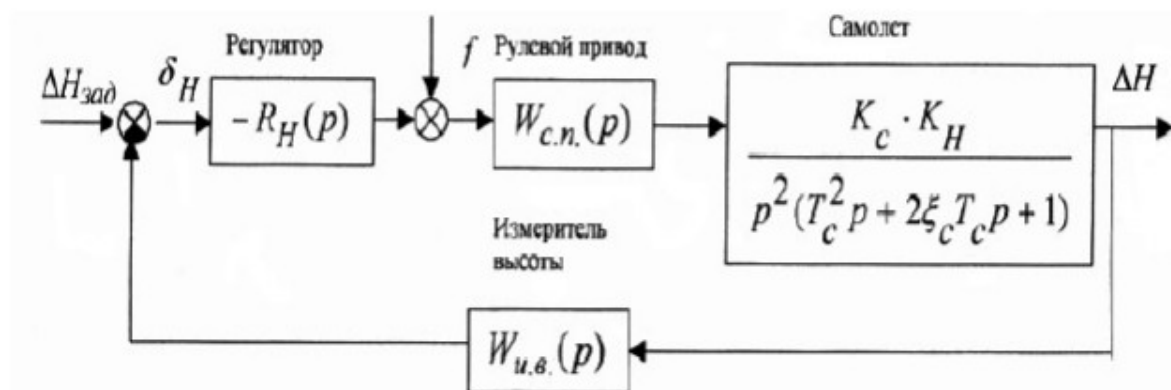


Рис. 1: Структурная схема системы стабилизации высоты

Устойчивость такого контура может быть обеспечена двумя путями:

1) введением внутренней стабилизирующей обратной связи по сигналу угла тангажа ϑ , т.е. введением автопилота угла тангажа;

2) введением в закон управления $R_H(p)$ сигнал первой производной отклонения высоты для случая, если сервопривод имеет жёсткую обратную связь, и суммы сигналов первой и второй производных от сигнала отклонения высоты для случая,

когда сервопривод имеет скоростную или изохронную обратную связь.

На рис. 2 приведена структурная схема системы стабилизации высоты, содержащей автопилот угла тангажа.

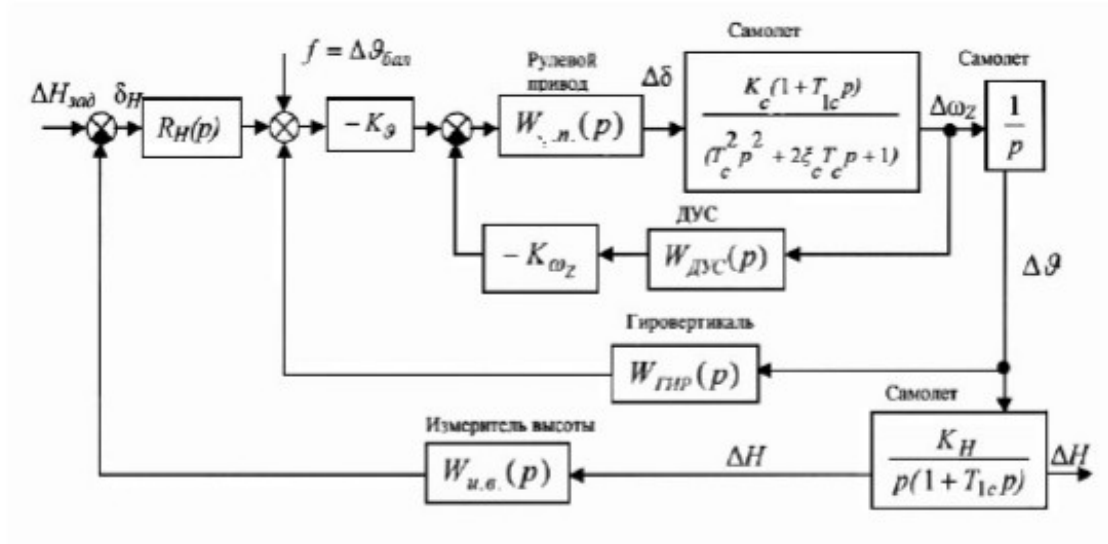


Рис. 2: Структурная схема системы стабилизации высоты

Основным преимуществом такой системы является то, что устойчивость траекторного контура обеспечивается регулятором $R_H(p) = i_H$ за счёт сигнала угла тангажа, снимаемого с надёжного датчика – гировертикали, практически лишённого запаздывания. Система содержащая регулятор $R_H(p) = i_H$, называется статической системой т.к. этот регулятор не обеспечивает астатизм регулирования в отношении других возмущений.

$$\begin{cases} \dot{\Delta\alpha} = \Delta\omega_z - \bar{Y}_a^\alpha \Delta\alpha \\ \dot{\Delta\omega_z} = \bar{M}_z^\alpha \Delta\alpha + \bar{M}_z^{\omega_z} \Delta\omega_z + \bar{M}_z^{\delta_B} \Delta\delta_B \\ \dot{\Delta\vartheta} = \Delta\omega_z \\ \dot{\Delta V_y} = V_0 \bar{Y}_a^\alpha \Delta\alpha \\ \dot{\Delta H} = \Delta V_y \\ \dot{\Delta n_y} = n_y^\alpha \Delta\alpha \end{cases} \quad (1)$$

Где система (1) – это система дифференциальных уравнений, используемая для моделирования движения самолёта в короткопериодическом движении.

$$\begin{cases} \Delta\delta_B = K_{\omega_z} \Delta\omega_z + K_{\vartheta} (\Delta\vartheta - \Delta\vartheta + f) \\ \Delta\vartheta = i_H (\Delta H - \Delta H) + i_p \int_0^t (\Delta H - \Delta H) dt \end{cases} \quad (2)$$

2 Выполнение работы

2.1 Исходные данные

Таблица 1: Исходные данные

m_0	25000 кг
S	50 м ²
b_a	5м
J_z	50000 кг м ²
H	1000 м
M	0,5

Таблица 2: Исходные данные

$Y_a^\alpha = a_{11}, 1/c$	0.642
$M_z^\alpha = a_{21}, 1/c^2$	5.65
$M_z^{\omega z} = a_{22}, 1/c$	0.468
$M_z^{\delta B} = b_2$	4.5
$V_0 = a_{46}, \text{м}/c$	168
$n_y^\alpha = a_{51}$	11.0
$K_{\omega z}, c$	0.4
K_ϑ	0.5, 1, 2
i_H рад/м	0.000875 0.00175 0.002625
i_p рад/м	0.0000875 0.000175 0.0002625
t_{cp}, c	8
$\hat{\sigma}_{\Delta H}, \%$	30
$\hat{n}_{y_{max}}, c$	1.2
$\hat{H}_{cm}, \text{м}$	20

2.2 Ход работы

1. На персональном компьютере установить задачу 1, после чего в цикле для каждой пары коэффициентов заданных в табл. 1, определяются:

а) при отработке управляющего воздействия $= 100\text{м}$:

- время срабатывания
- максимальное значение высоты
- максимальное значение перегрузки.

б) при отработке постоянного возмущения $f = -0.035$ рад:

- статическую ошибку регулирования .

Результаты расчетов оформить в виде таблица ??.

Таблица 3: Нестандартные болты для левой резьбы.

Нестандартные болты	Диаметр	
	Норма	Разброс
Размеры	10 мм	1 мм

2. Построить по данным табл. ?? графики следующих зависимостей:

$$t_{cp} = f_1(K_{\vartheta}, i_H); \sigma_{\Delta H} = f_2(K_{\vartheta}, i_H)$$

$$\Delta n_{y_{max}} = f_3(K_{\vartheta}, i_H); \Delta H_{cm} = f_4(K_{\vartheta}, i_H)$$

Нанести на графики прямые линии, соответствующие максимально допустимым величинам показателей качества переходных процессов t_{cp} .

$\hat{\sigma}_{\Delta H}; \Delta n_{y_{max}}; \Delta \hat{H}_{cm}$ (смотри табл. 2)

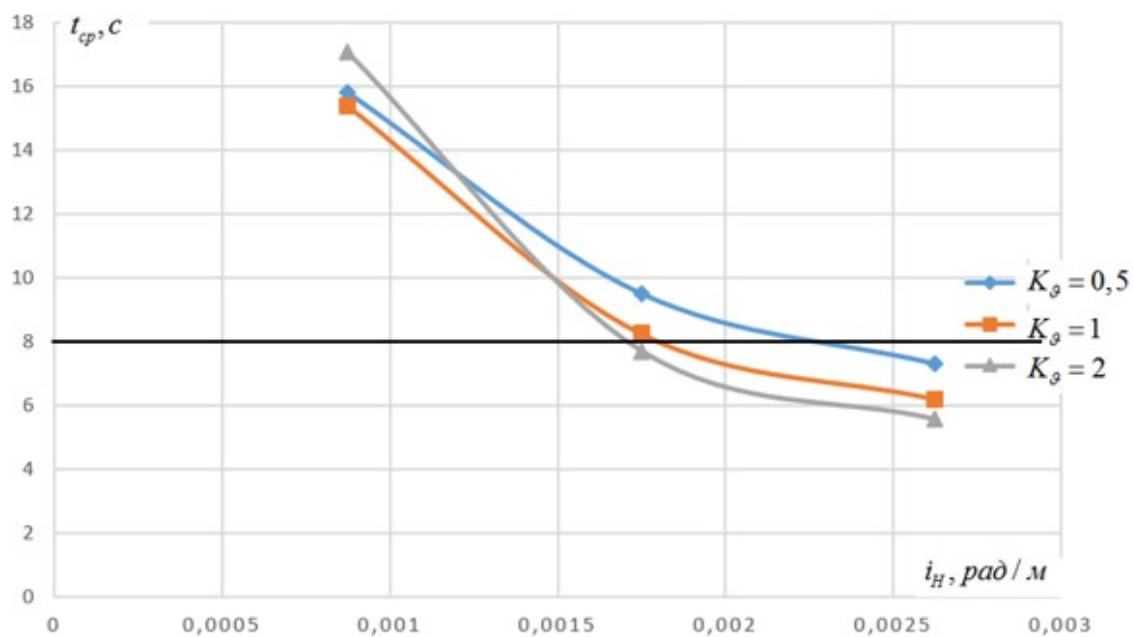


Рис. 3: Время срабатывания t_{cp}

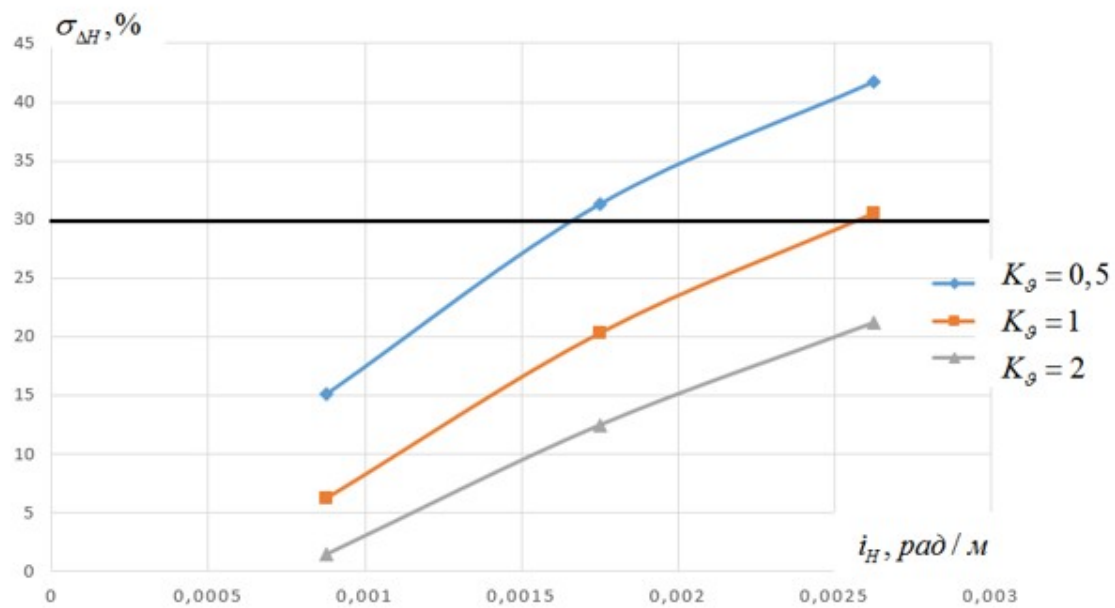


Рис. 4: Относительное перерегулирование $\sigma_{\Delta H}$

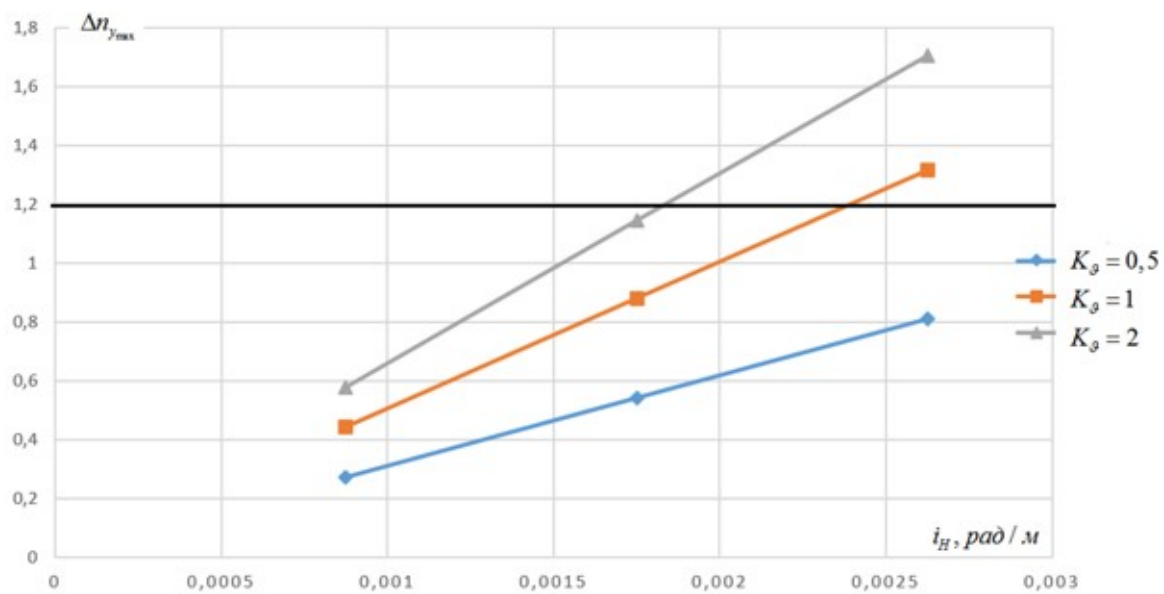


Рис. 5: Максимальное значение нормальной перегрузки $\Delta n_{y_{max}}$

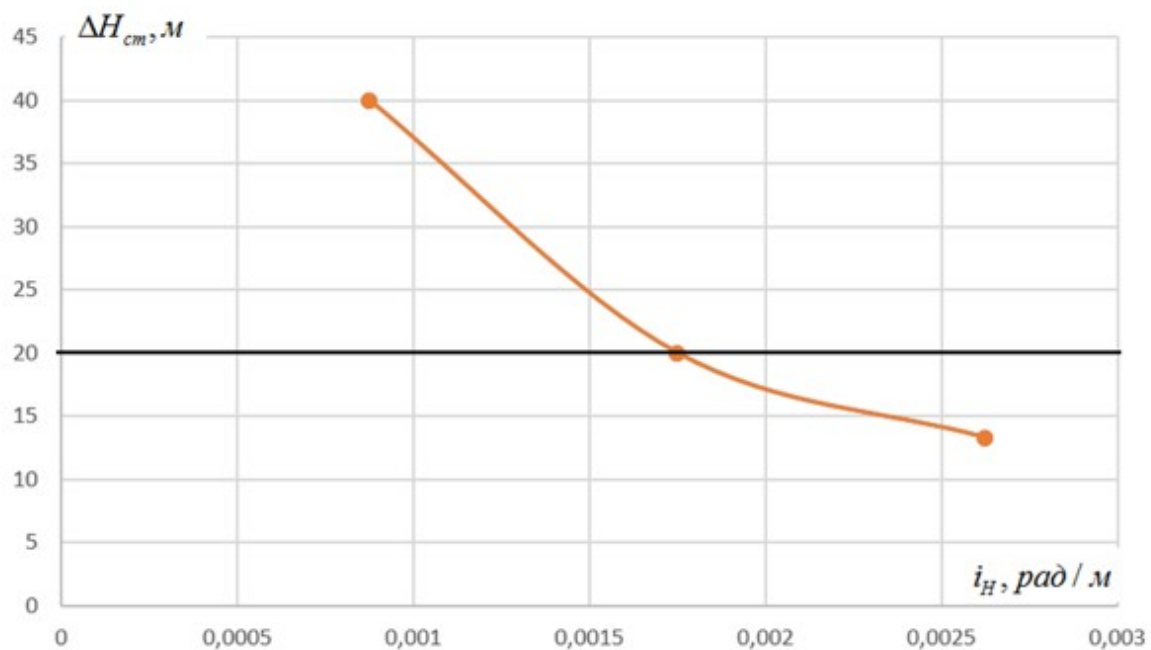


Рис. 6: Статистическая ошибка по высоте ΔH_{cm}

3. Построить, используя зависимости п. 2, допустимую область изменения коэффициентов усиления $K_{\vartheta} = f(i_H)$ из условия
 $t_{cp} \leq \hat{t}_{cp}$; $\sigma_{\Delta H} \leq \hat{\sigma}_{\Delta H_{cp}}$; $\Delta n_{y_{max}} \leq \Delta \hat{n}_{y_{max}}$; $\Delta H_{cm} \leq \Delta \hat{H}_{cm}$

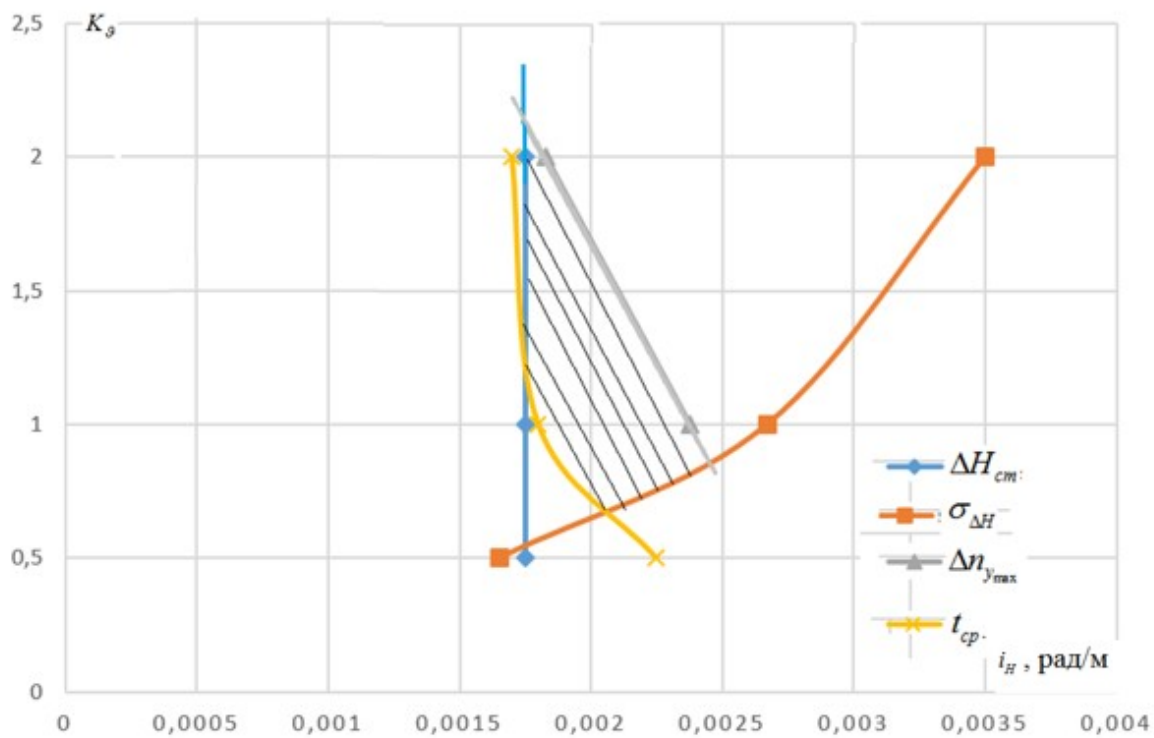


Рис. 7: Область изменения коэффициента усиления

2.3 Переходные процессы

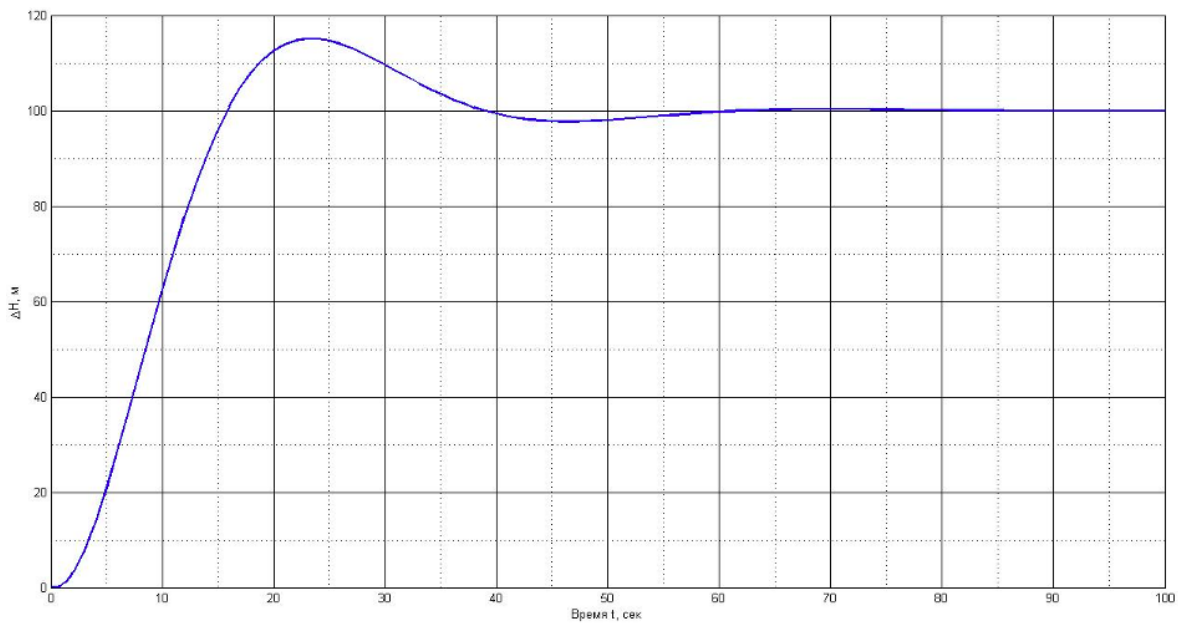


Рис. 8: График переходного процесса при $K_\vartheta = 0.5, i_H = 0,000875$ [рад/м], $f = 0$

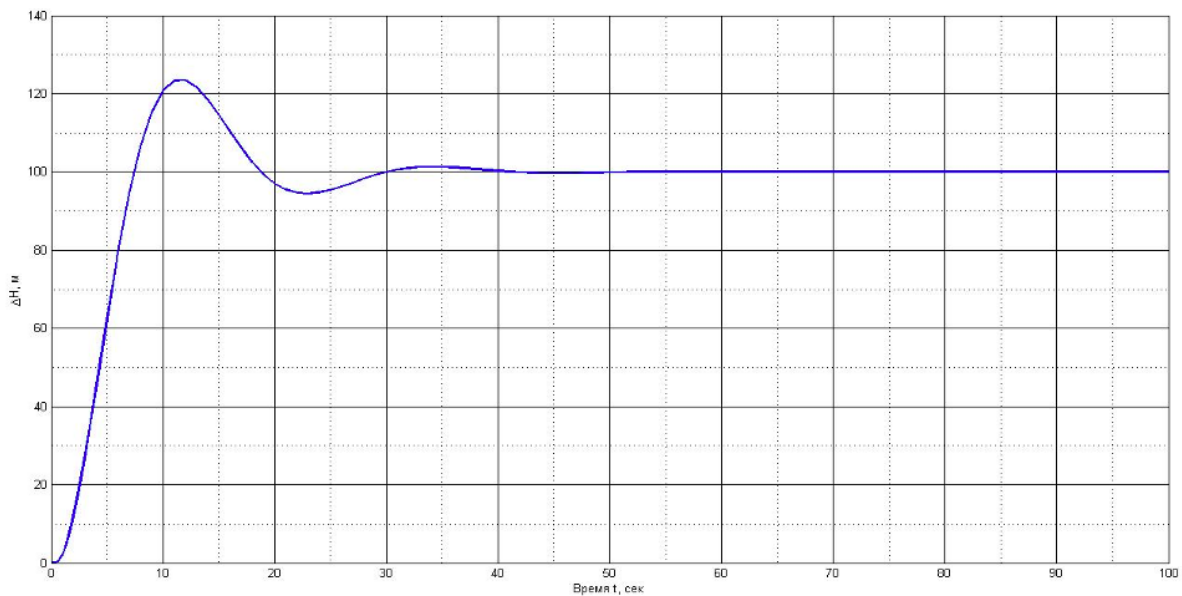


Рис. 9: График переходного процесса при $K_\vartheta = 1, i_H = 0,002$ [рад/м], $f = 0$

2.4 Выводы

1. Статическая ошибка, возникающая при наличии возмущений, уменьшается с увеличением коэффициентов стабилизации.
2. При увеличении K_ϑ и i_H , рад/м время срабатывания системы уменьшается.
3. При увеличении коэффициентов K_ϑ и i_H $\Delta n_{y_{max}}$ возрастает.

4. Относительное перерегулирование при увеличении коэффициента K_{ϑ} уменьшается, а при увеличении i_H увеличивается.