

Лабораторная работа №1-2

СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ВЫСОТЫ ПОЛЕТА

Пащенко А.Е.
Зарубин Р.А.
Вариант 3

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

1 Теоретический минимум

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

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

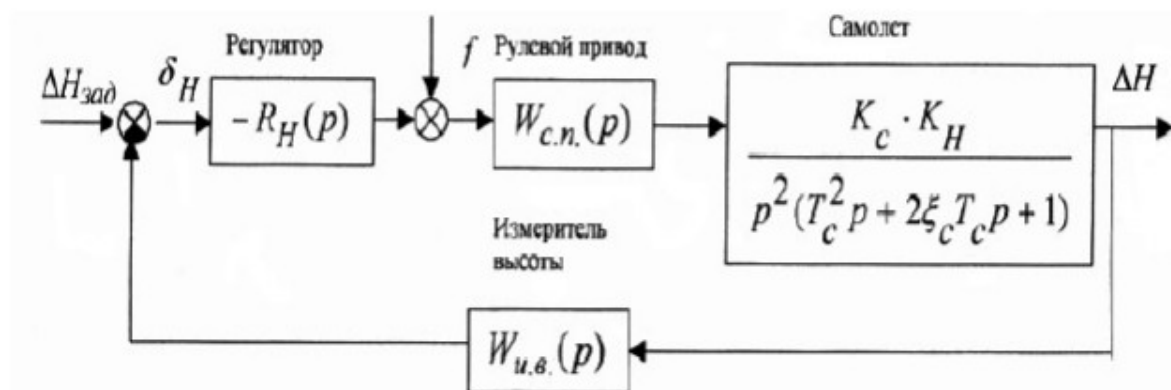


Рис. 1: Структурная схема системы стабилизации высоты

Устойчивость данного 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 $R_H(p)$ сигнала 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

2 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
$M_z^{\delta_B} = b_2, 1/c^2$	4.5
$V_0 = a_{46}, \text{м}/c$	168
$n_y^\alpha = a_{51}, 1/\text{рад}$	11.0
K_{ω_z}, c	0.4
K_ϑ	0.5, 1, 2
$i_H \text{ рад}/\text{м}$	0.000875 0.00175 0.002625
$i_p \text{ рад}/\text{м}/c$	0.0000875 0.000175 0.0002625
\hat{t}_{cp}, c	8
$\hat{\sigma}_{\Delta H}, \%$	30
$\hat{n}_{y_{max}}$	1.2
$\hat{H}_{ст}, \text{м}$	20

3 Лабораторная работа №1. Исследование статической системы стабилизации высоты полета.

3.1 Выполнение работы

3.1.1 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 $f = -0.035 \text{ рад}$:

- статическая ошибка регулирования .

Результаты расчетов оформлены в виде таблицы 3.

Таблица 3: Результаты расчетов.

K_{ϑ}	Показатель	i_H , рад/м		
		0.000875	0.00175	0.002625
0.5	t_{cp}, c	15.82	9.5	7.3
	ΔH_{max} , м	115.1	131.3	141.5
	$\sigma_{\Delta H}$, %	15.1	31.3	41.7
	$\Delta n_{y_{max}}$	0.27	0.54	0.809
	$\Delta H_{ст}$, м	40	20	13.3
1	t_{cp}, c	15.4	8.25	6.2
	ΔH_{max} , м	106.2	120.3	130.5
	$\sigma_{\Delta H}$, %	6.2	20.3	30.5
	$\Delta n_{y_{max}}$	0.441	0.88	1.317
	$\Delta H_{ст}$, м	40	20	13.3
2	t_{cp}, c	17.1	7.7	5.55
	ΔH_{max} , м	101.5	112.5	121.2
	$\sigma_{\Delta H}$, %	1.5	12.5	21.2
	$\Delta n_{y_{max}}$	0.576	1.145	1.707
	$\Delta H_{ст}$, м	40	20	13.3

2. Построить по данным табл. 3 графики следующих зависимостей:

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

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

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

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

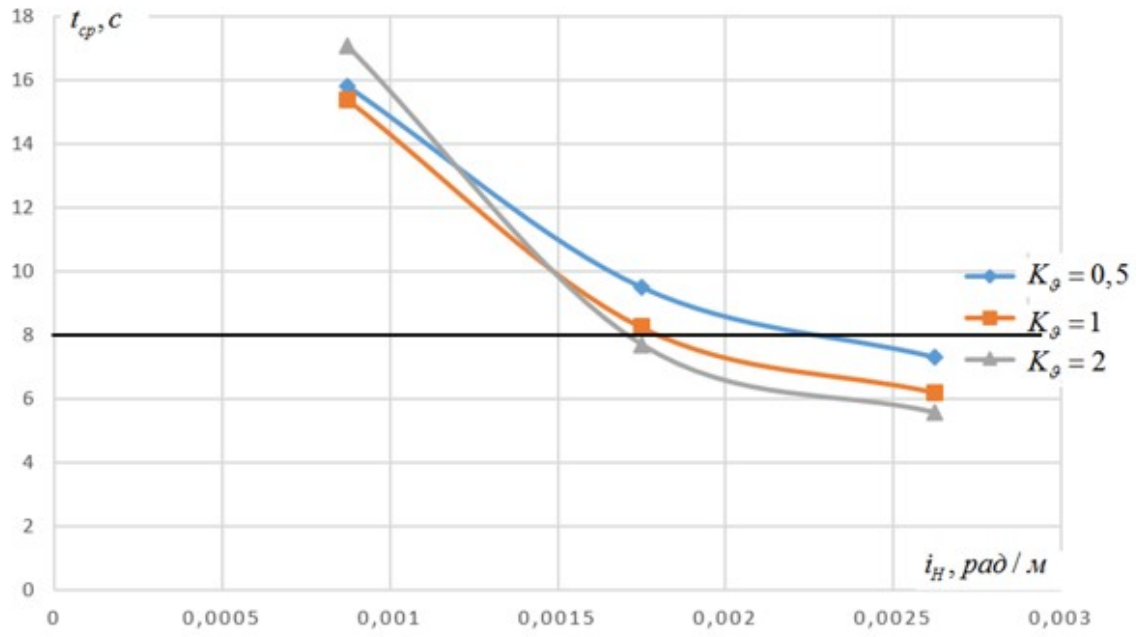


Рис. 3: Время срабатывания t_{cp} , с

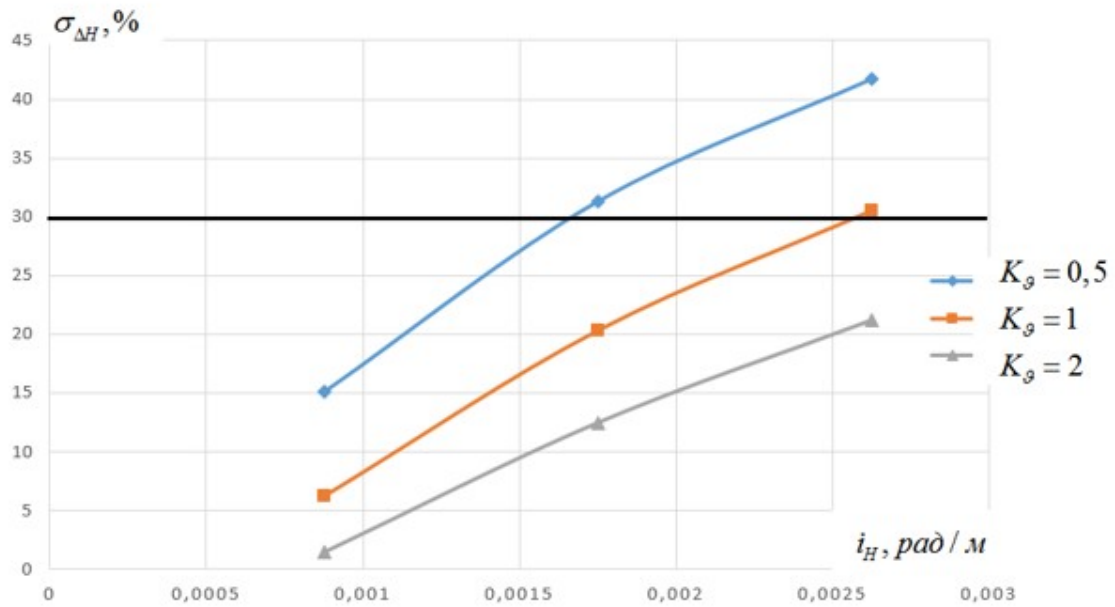


Рис. 4: Относительное перерегулирование σ_{dH} , %

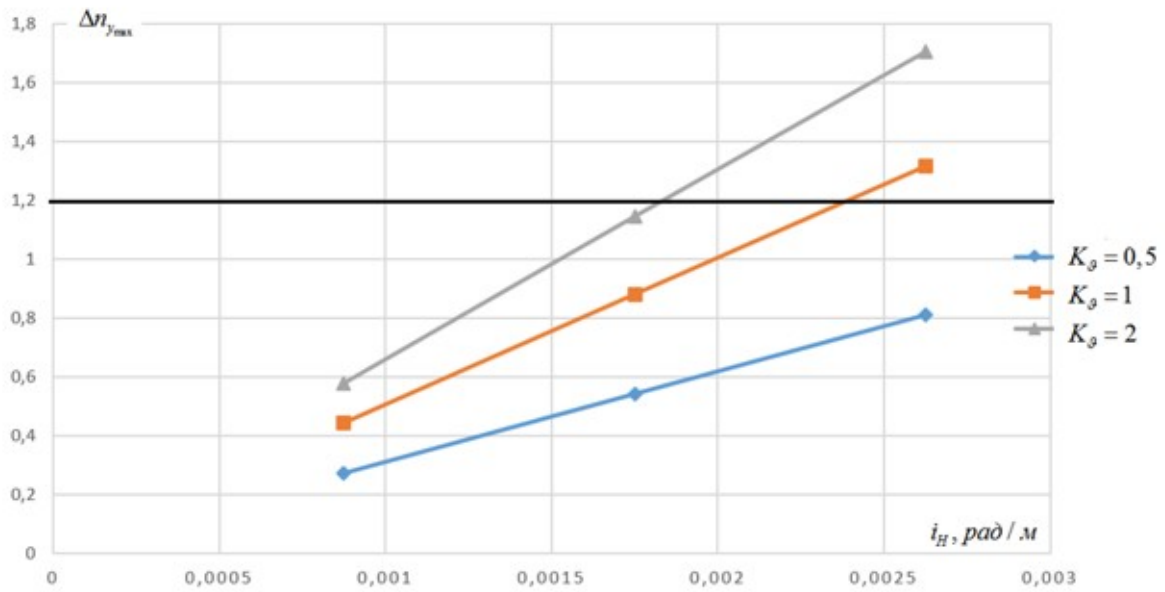


Рис. 5: Максимальное значение нормальной перегрузки $\Delta n_{y_{max}}$

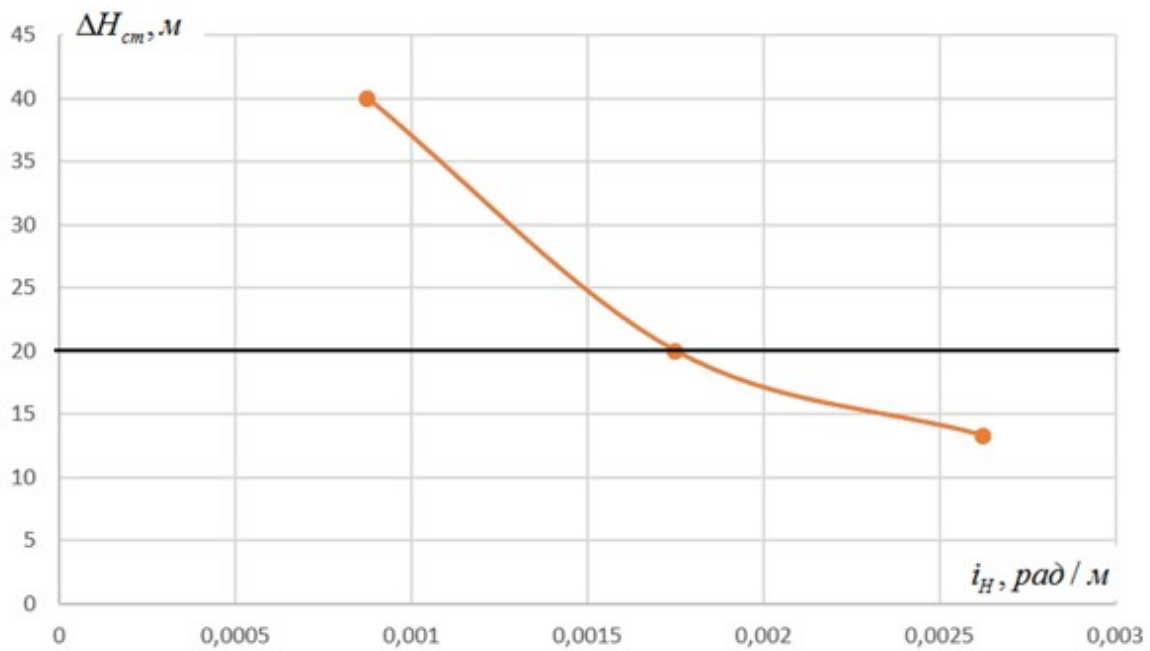


Рис. 6: Статическая ошибка по высоте $\Delta H_{ст}, \text{м}$

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

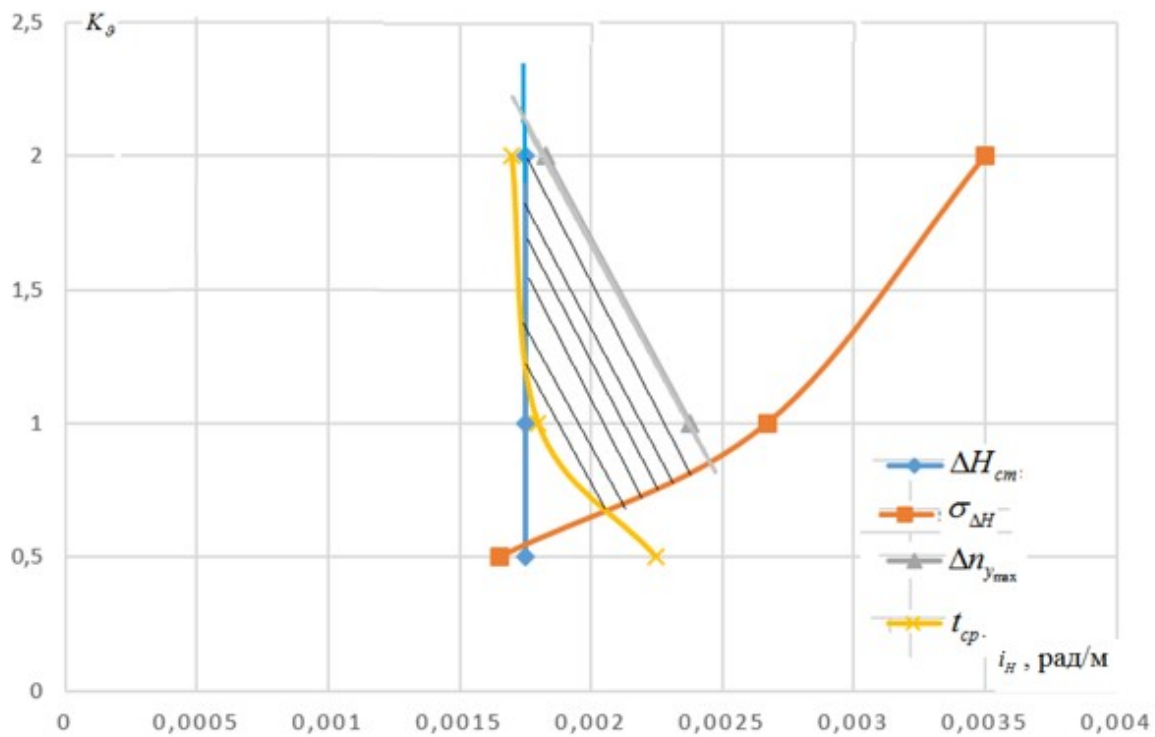


Рис. 7: Область изменения коэффициента усиления

3.1.2 Переходные процессы

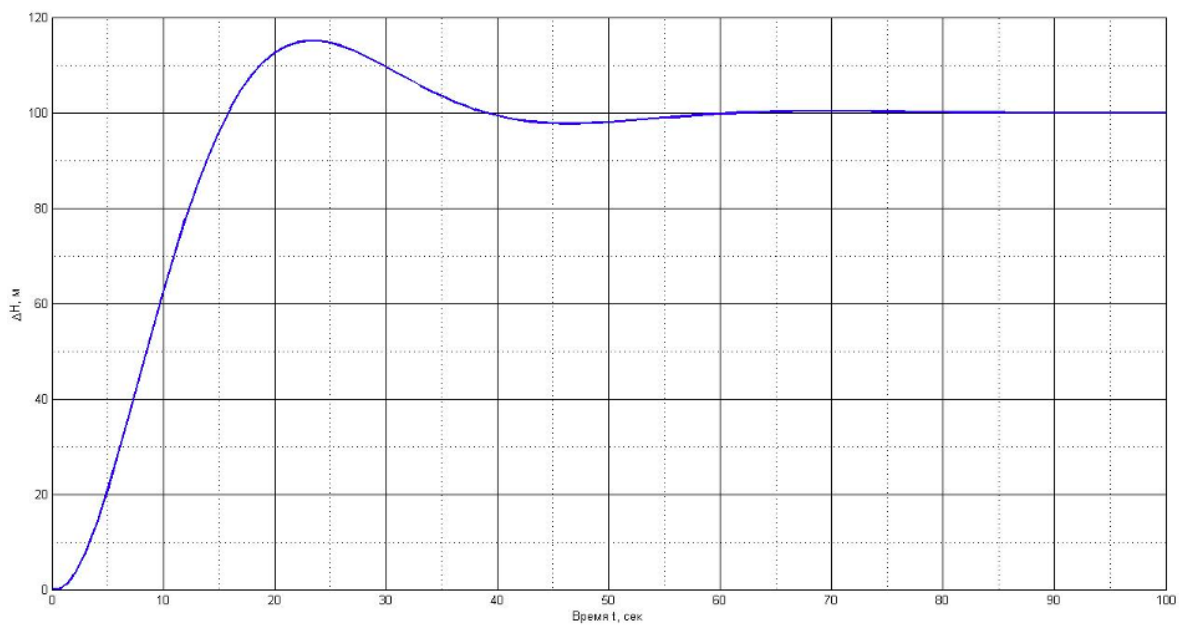


Рис. 8: График переходного процесса при $K_\theta = 0.5$, $i_H = 0,000875$ [рад/м], $f = 0$

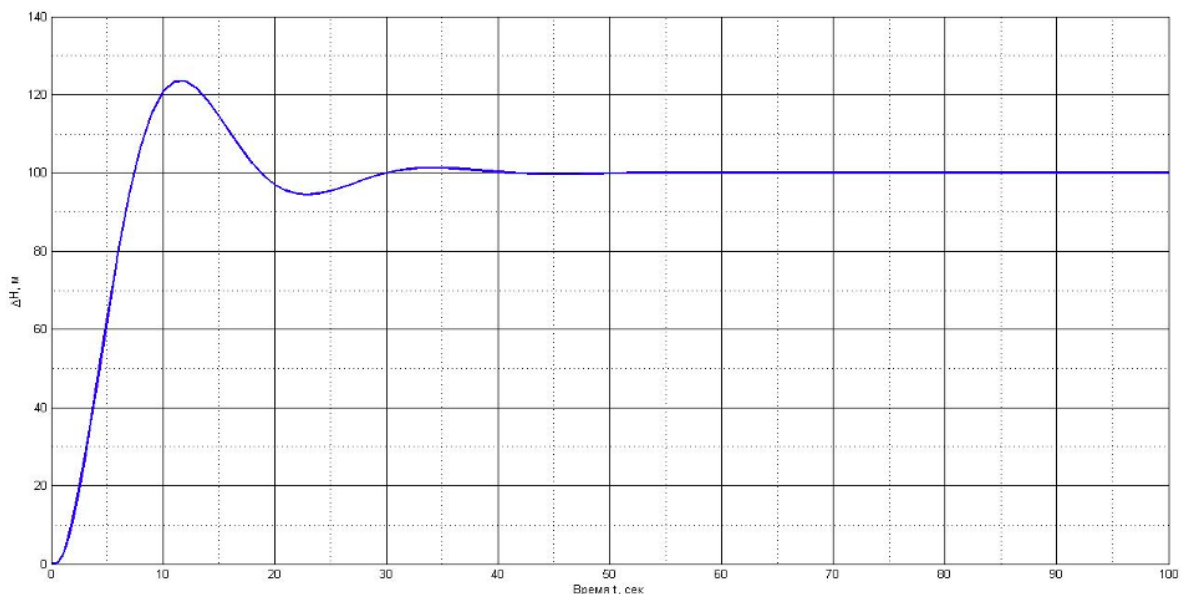


Рис. 9: График переходного процесса при $K_{\vartheta} = 1$, $i_H = 0,002[\text{рад/м}]$, $f = 0$

3.1.3 Выводы

1. Статическая ошибка, возникающая при наличии возмущений, уменьшается с увеличением коэффициентов стабилизации.
2. При увеличении K_{ϑ} и i_H 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.

4 Лабораторная работа №2. Исследование астатической системы стабилизации высоты полета.

4.1 Выполнение работы

4.1.1 Ход работы

1. Установить на персональном компьютере задачу 2, после чего выставить значения коэффициентов K_{ϑ} , i_H соответствующих центру допустимой области изменения коэффициентов усиления $K_{\vartheta} = f(i_H)$. Далее в цикле для каждого значения коэффициента i_p (см. табл. 2) определяются:
 - а) при отработке управляющего воздействия $\Delta H = 100\text{м}$: максимальное значение высоты ;
 - б) при отработке постоянного возмущения $f = -0.035$ рад: время регулирования (время, по истечению которого переходный процесс входит в 5%-ную трубку от установившегося значения).

Результаты расчетов приведены в виде таблицы 4.

Таблица 4: Результаты расчётов при $K_{\vartheta} = 1,25, i_H = 0.002$, рад/м

i_p рад/м/с	0.0000875	0.000175	0.000265
$t_{\text{рег}}, c$	42	37	48
$\Delta H_{\text{max}}, \text{м}$	138.7	154.6	168.4
$\sigma_{\Delta H}, \%$	38.7	54.6	68.4

2. Построить по данным табл. 4 графики следующих зависимостей:

- $\sigma_H(i_p)$ при отработке управляющего воздействия $\Delta H_{\text{зад}}$;
- $t_{\text{рег}}(i_p)$ при отработке возмущения

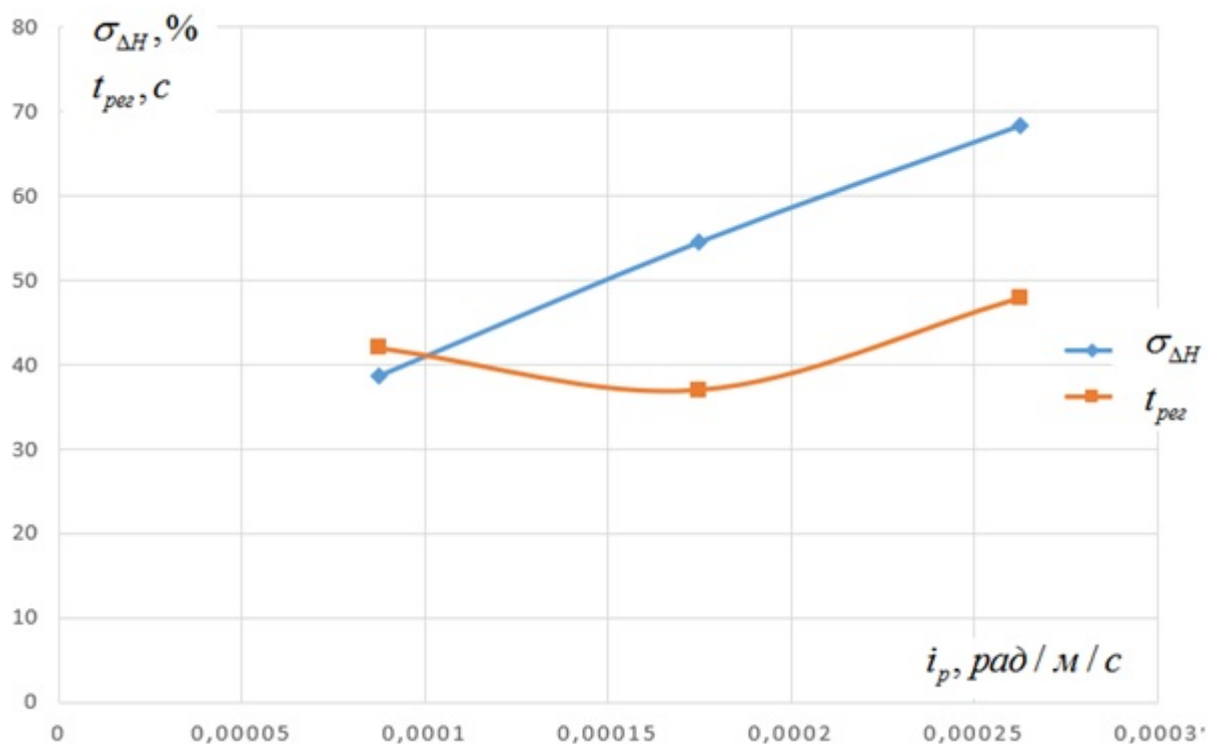


Рис. 10: График зависимостей $\sigma_H(i_p)$ и $t_{\text{рег}}(i_p)$

4.1.2 Выводы

1. При увеличении i_p относительное перерегулирование возрастает.
2. Зависимость $t_{\text{рег}}(i_p)$ имеет минимум i_p^* до которого время регулирования уменьшается, а далее возрастает. В данной работе $i_p^* = 0.000175$, рад/м/с