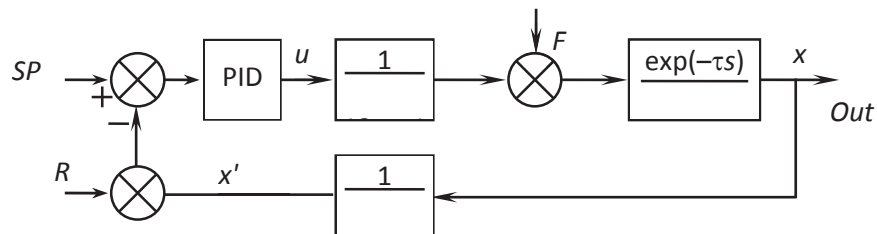


**ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕМ ДЛЯ ПОИСКА ПАРАМЕТРОВ ПИД-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ ПОМЕХ**

**Олиферович Н.М., Сухорукова И.Г., Ивашко Е.В., Шетько И.С.  
Белорусский государственный технологический университет  
г. Минск, Беларусь**

Одним из методов настройки систем регулирования является минимизация интегральных критериев качества. Обычно алгоритм применения данного подхода для настройки заключается в определении первичных настроек с помощью какого-либо грубого метода, например метода Циклера-Никольсона. А затем запуск поискового алгоритма, который производит имитационное моделирование при данных настройках, определение интегрального критерия качества.



$SP$  – задание;  $x$  – физический параметр системы;  $u$  – сигнал управления исполнительный механизм;  $x'$  – сигнал датчика

**Рисунок 1 - Структурная схема моделирования системы с ПИД-регулятором.**

Настройку ПИД-регулятора производили по интегральному критерию

$$I = \int_0^{t_M} |x| t^2 dt \rightarrow \min , \tag{1}$$

при разных значениях запаздывания  $\tau = [0,1 \ 5 \ 15]$  в объекте при разном значении дисперсии  $R [0 \ 3,0e-05 \ 0,0001 \ 0,0003 \ 0,001 \ 0,003 \ 0,01]$ .

Результаты настройки можно видеть в табл.1 – 8.

**Таблица 1 – Время дифференцирования при  $t_M = 200$**

Запаздывание	Дисперсия на выходе датчика						
	0	0,00003	0,0001	0,0003	0,001	0,003	0,01
0,1	31.9285	31.0555	30.6733	30.4005	29.5764	28.4739	26.9587
5	23.2954	23.2300	23.0921	23.1041	23.2529	23.1264	22.7627
15	16.8356	16.8765	16.8460	16.8582	16.9276	17.3111	17.9144

**Таблица 2 – Коэффициент усиления регулятора при  $t_M = 200$**

Запаздывание	Дисперсия на выходе датчика						
	0	0,00003	0,0001	0,0003	0,001	0,003	0,01
0,1	2.9033	2.8290	2.8006	2.7853	2.7387	2.6929	2.6504
5	2.0408	2.0357	2.0248	2.0231	2.0296	2.0315	2.0322
15	1.3114	1.3143	1.3137	1.3154	1.3201	1.3357	1.3617

Таблица 3 – Время интегрирования при  $t_M = 200$

Запаздывание	Дисперсия на выходе датчика						
	0	0,00003	0,0001	0,0003	0.001	0.003	0.01
0,1	18.0319	18.4448	18.6320	18.7561	19.1421	19.6000	20.2309
5	25.9134	25.9893	26.1080	26.1330	26.1080	26.2279	26.5392
15	41.5216	41.5005	41.5642	41.5882	41.5659	41.2369	40.7217

Увеличение уровня шума приводит к уменьшению времени дифференцирования и коэффициента усиления регулятора и увеличению времени интегрирования. В табл. 5–7 таблицах представлены отношения минимальных значений интегральных критериев  $FI_1$ ,  $FI_2$ , отношения коэффициентов усиления  $FK_1$ ,  $FK_2$ , отношения времен дифференцирования  $FD_1$ ,  $FD_2$  и интегрирования  $FS_1$ ,  $FS_2$  соответственно при  $t_M = 500$  к  $t_M = 200$  и при  $t_M = 350$  к  $t_M = 200$  в процентах.

Таблица 4– Значение интегрального критерия  $I \cdot 10^{-4}$  при  $t_M = 200$

Запаздывание	Дисперсия на выходе датчика						
	0	0,00003	0,0001	0,0003	0.001	0.003	0.01
0,1	0.2256	0.2372	0.2668	0.3212	0.4342	0.6229	0.9943
5	0.6253	0.6033	0.6024	0.6240	0.6937	0.8365	1.1412
15	2.5775	2.5487	2.5248	2.4861	2.4110	2.3315	2.3221

Таблица 5 – Сравнение значений интегральных критериев

$\tau$	Дисперсия на выходе датчика													
	0		0,00003		0,0001		0,0003		0.001		0.003		0.01	
	$FI_1$	$FI_2$	$FI_1$	$FI_2$	$FI_1$	$FI_2$	$FI_1$	$FI_2$	$FI_1$	$FI_2$	$FI_1$	$FI_2$	$FI_1$	$FI_2$
0,1	103	103	567	222	1144	294	843	373	1462	456	1688	505	1811	512
5	104	104	273	143	618	177	413	228	941	306	1291	389	1639	468
15	112	112	146	115	227	118	176	125	332	141	514	173	857	234

Таблица 6 – Сравнение коэффициентов усиления ПИД-регулятора

$\tau$	Дисперсия на выходе датчика													
	0		0,00003		0,0001		0,0003		0.001		0.003		0.01	
	$FK_1$	$FK_2$	$FK_1$	$FK_2$	$FK_1$	$FK_2$	$FK_1$	$FK_2$	$FK_1$	$FK_2$	$FK_1$	$FK_2$	$FK_1$	$FK_2$
0,1	100	100	90.1	94.5	86.6	92.8	81.6	89.4	75.4	84.9	69.8	76.2	49.4	62.4
5	101	101	95.7	97.5	94.0	96.7	92.0	95.1	89.2	92.5	84.9	89.2	65.1	79.0
15	99.5	99.4	98.8	99.2	98.4	99.2	98.2	98.9	96.8	98.5	95.1	97.7	93.0	96.3

Таблица 7 – Сравнение времени дифференцирования ПИД-регулятора

$\tau$	Дисперсия на выходе датчика													
	0		0,00003		0,0001		0,0003		0.001		0.003		0.01	
	$FD_1$	$FD_2$	$FD_1$	$FD_2$	$FD_1$	$FD_2$	$FD_1$	$FD_2$	$FD_1$	$FD_2$	$FD_1$	$FD_2$	$FD_1$	$FD_2$
0,1	99.6	99.7	87.4	92.9	82.9	90.7	76.2	86.2	67.9	79.7	61.4	68.2	39.8	49.3
5	101	100	94.0	96.3	91.7	95.3	89.0	93.0	84.7	89.2	78.8	84.3	57.7	69.7
15	97.0	96.9	96.6	97.0	96.6	97.5	96.9	97.5	95.4	97.3	93.0	96.2	90.3	94.5

Результаты показывают, что время моделирования оказывают существенное влияние на результат настройки регулятора, и на выбор времени моделирования стоит обращать внимание.

#### Список использованных источников

1. Гринюк Д. А., Оробей И. О., Сухорукова И. Г. Модификация интегральных критериев для повышения запаса по устойчивости // Труды БГТУ. 2012. № 6: Физ.-мат. науки и информатика. С. 118–121.