

**И.С. Поляков**  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА ЗА СЧЁТ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ УДЕРЖАНИИ СУДНА С КОЛЁСНЫМ ДВИЖИТЕЛЕМ НА КУРСЕ

Автоматизация процесса управления судном облегчает судовождение и повышает качество управления. Существует множество систем автоматического управления движением судна. Все они ориентированы на суда, использующие винт в качестве движителя. Для нового типа судов – с колёсным движительно-рулевым комплексом, нужны современные подходы к реализации такого рода систем. Для этого разработан алгоритм удержания судна с колёсным движителем на заданной траектории [1].

В предлагаемом алгоритме обновление установленного значения управляющего воздействия на приводы гребных колёс, формируется в случае, если заданная траектория движения судна не совпадает с действующей, данные о которых поступают с навигационных приборов. Вычисление новых значений для формирования управляющих воздействий осуществляется вспомогательной функцией:

$$R = k_{\alpha} \cdot (\alpha - \alpha_z) + k_{\omega} \cdot \omega + k_o \cdot (y - y_z), \quad (1)$$

где  $\alpha$ ,  $\alpha_z$  – угол отклонения судна от курса и заданный угол;

$\omega$  – угловая скорость поворота судна;

$y$ ,  $y_z$  – отклонение судна от траектории и заданная траектория движения;

$k_{\alpha}$ ,  $k_{\omega}$ ,  $k_o$  – коэффициенты пропорциональности.

Исследование данного алгоритма привело к выявлению областей устойчивости системы автоматического управления в плоскости параметров  $k_{\omega}$ ,  $k_o$  (рис. 1). Величина  $k_{\alpha}$  принята равной 1, как наиболее приемлемое значение при оценке качества предлагаемой системы [2].

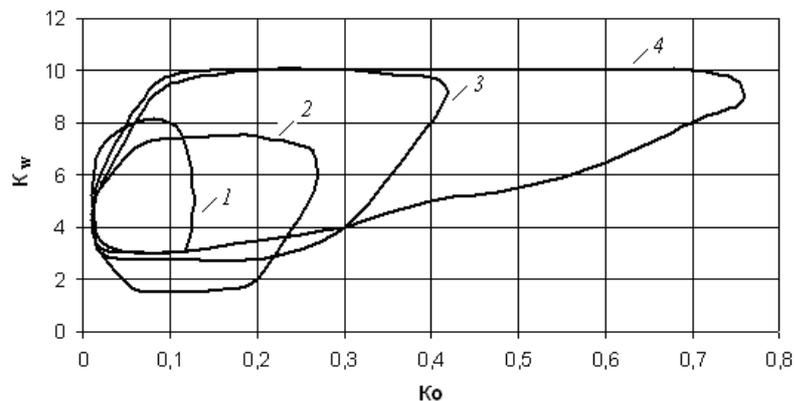


Рис. 1. Области устойчивости при заданной частоте вращения колёс ( $n_{л} = n_{пр} = 0,25$  1/с) и различных значениях возмущающего воздействия ветра:  
1)  $V_B = 0,3$ ; 2)  $V_B = 0,2$ ; 3)  $V_B = 0,1$ ; 4)  $V_B = 0,01$

При моделировании динамики системы с предлагаемым алгоритмом установлено, что с приближением к границам областей устойчивости система удерживает судно на заданной траектории, но качество процесса управления является неприемлемым: зна-

чительная колебательность переходного процесса ведёт к затруднениям в управлении, повышенной нагрузке на приводы гребных колёс и повышенному расходу топлива (рис. 2, 3, 4).

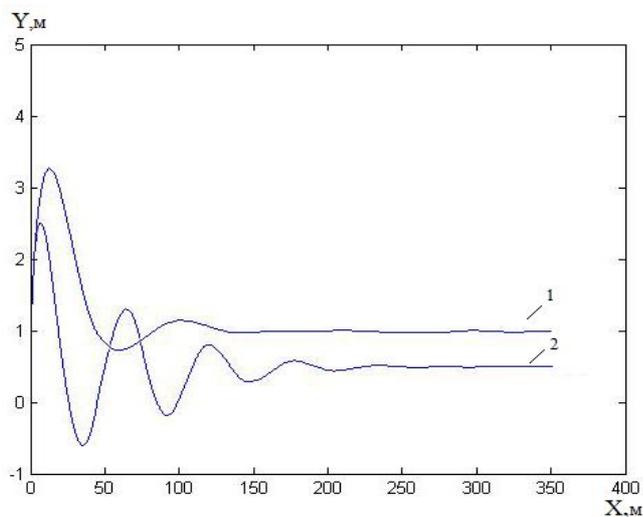


Рис. 2. Траектория движения судна:  
1) в центре области устойчивости; 2) на границе области устойчивости

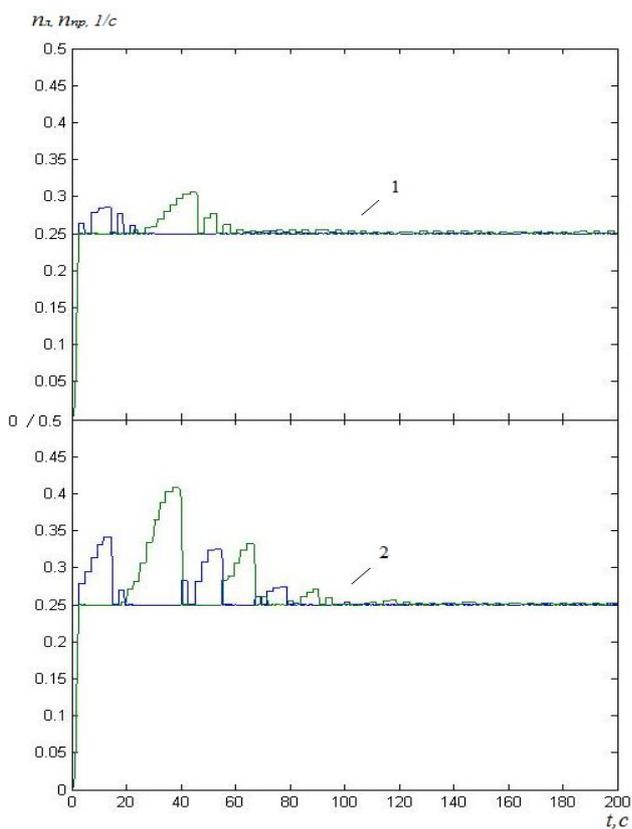


Рис. 3. Изменение нагрузки на приводы гребных колёс:  
1) в центре области устойчивости; 2) на границе области устойчивости

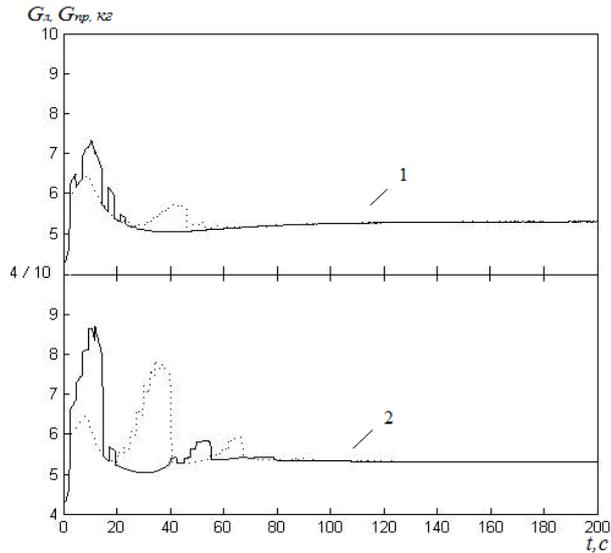


Рис. 4. Расход топлива главных дизелей:

- 1) дизель левого и правого борта в центре области устойчивости;
- 2) дизель левого и правого борта на границе области устойчивости

Для применения алгоритма на практике, значения параметров процесса управления должны быть допустимыми во всей области устойчивости. Это достигается путём введения интегрирующего звена в вспомогательную функцию (1):

$$R' = k_{\alpha} \cdot (\alpha - \alpha_z) + k_{\omega} \cdot \omega + k_o \cdot (y - y_z) + k_i \int (\alpha - \alpha_z) dt.$$

При добавлении интегрирующего звена, области устойчивости (рис. 1) существенно расширяются: приближаясь к прежним границам, качество процесса управления судном становится приемлемым. Теперь судно с небольшим перерегулированием, незначительными перекадками органа управления выходит на траекторию, что облегчает управление и повышает безопасность судовождения (рис. 5, 6).

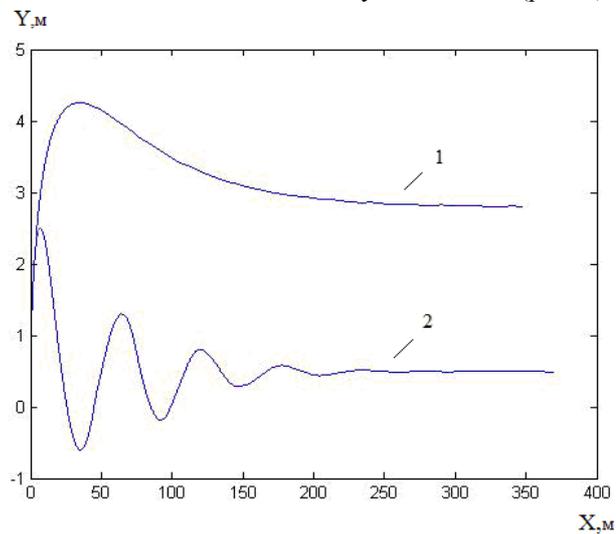


Рис. 5. Траектория движения судна: 1) на границе области устойчивости с интегрирующим звеном; 2) на границе области устойчивости без интегрирующего звена

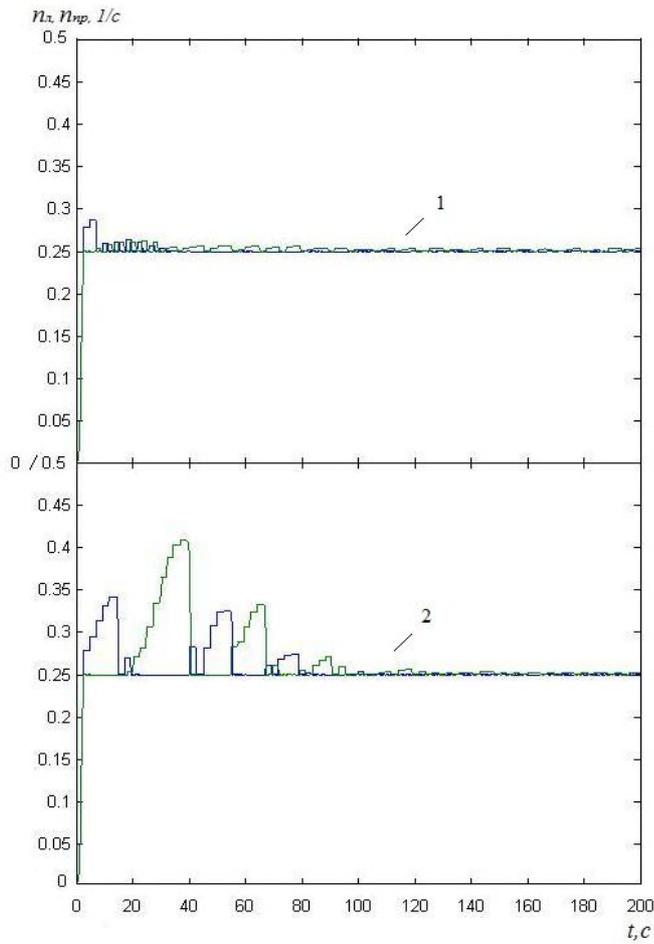


Рис. 6. Изменение нагрузки на приводы гребных колёс:  
 1) на границе области устойчивости с интегрирующим звеном;  
 2) на границе области устойчивости без интегрирующего звена

Кроме того, введение интегрирующего звена в вспомогательную функцию привода приводит к экономии топлива. В зависимости от условий плавания и выборов коэффициентов вспомогательной функции  $R$ , экономия топлива может составлять порядка 5%. На рис. 7 изображены кривые снижения затрат топлива (в процентах) с введением интегрирующего звена при приближении к границам (рис. 1) области устойчивости (увеличение коэффициента  $k_0$ ) за равный промежуток времени движения судна.

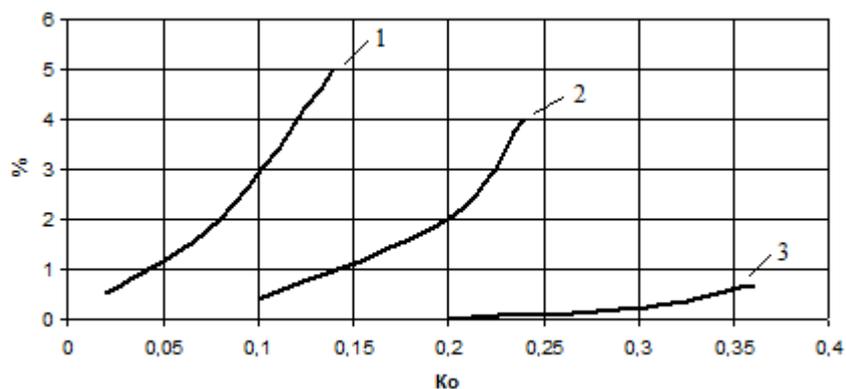


Рис. 7. Экономия топлива (в процентах) с введением интегрирующего звена при приближении к границам области устойчивости: 1) скорость ветра  $V_{вет} = 0,3$ ; 2) скорость ветра  $V_{вет} = 0,2$ ; 3) скорость ветра  $V_{вет} = 0,1$ ;

Таким образом, наличие интегрирующего звена в алгоритме управления движением судна с колёсным движителем на заданной траектории существенно расширяет области устойчивости и обеспечивает высокие качественные показатели процесса управления в широком диапазоне коэффициентов.

#### Список литературы:

- [1] Грошева Л.С., Мерзляков В.И., Плющев В.И. Синтез алгоритма управления движением судна с колёсным движительно-рулевым комплексом // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: управление, вычислительная техника и информатика. – 2012. – № 2. – С. 34–39.
- [2] Грошева Л.С., Плющев В.И., Поляков И.С., Соловьёв Д.С. Исследование устойчивости и качества системы автоматического управления удержанием судна с колёсным движительно-рулевым комплексом на заданной траектории при изменении условий плавания // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – №3.