

В дальнейшем предполагается провести оценку возможности использования подобной системы в преподавании дисциплины «Информатика и информационные технологии» на первом курсе радиотехнической специальности.

*М.М. Чиркова, Е.Н. Поселенов*  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НЕУСТОЙЧИВЫМ СУДНОМ ПО КОМПЛЕКСНОМУ ПОКАЗАТЕЛЮ

В данной работе проведен сравнительный анализ различных алгоритмов управления движением судна по заданной траектории. Материалом для проведения анализа послужили данные натурных испытаний, проведенных на речном водоизмещающем судне – т/х «Леонид Соболев» при испытании интеллектуального алгоритма управления.

Речное водоизмещающее судно при движении по курсу представляет собой неустойчивый объект, стремящийся «свалиться» на правую или левую циркуляцию. Алгоритм управления движением судна по траектории построен таким образом, чтобы препятствовать этому и не допустить возникновения угловых скоростей ( $\omega$ ) и отклонения судна от курса ( $\varphi$ ), превышающих некоторый порог. Величина порога  $\omega_{\max}$ ,  $\varphi_{\max}$  зависят от текущей ситуации.

В работе сравниваются показатели трех режимов движения:

- при ручном управлении судном;
- автоматическом управлении от штатного авторулевого, реализующего ПИД-алгоритм управления, когда

$$U = f(\varphi, d\varphi/dt, \int \varphi dt), \quad (1)$$

где  $U$  – управляющее воздействие (величина перекладки руля –  $\alpha$ );

– при управлении от цифрового авторулевого с интеллектуальным алгоритмом, когда управление дискретное, а длительность и амплитуда управляющего сигнала формируются по анализу тенденции развития процесса  $\varphi(t)$ ,  $\omega(t)$ ,  $d\omega/dt$ ,  $d^2\omega/dt^2$ ,  $\alpha(t)$ ,  $d\alpha/dt$ .

Для проведения сравнительного анализа использовались осциллограммы движения судна «Леонид Соболев» по заданной траектории при различных способах управления, которые представлены на рис. 1 и 2.

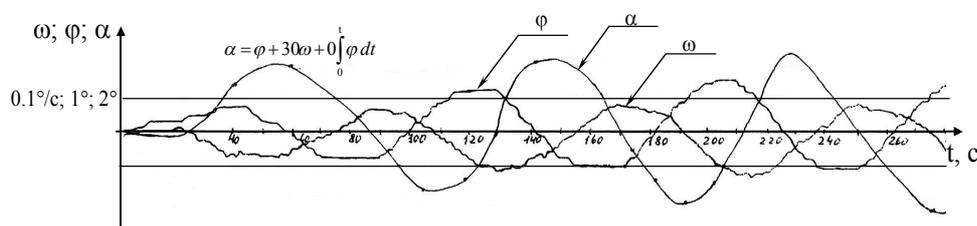


Рис. 1. Осциллограммы натурных испытаний на т/х «Леонид Соболев» – штатный ПИД-авторулевой на мелководье

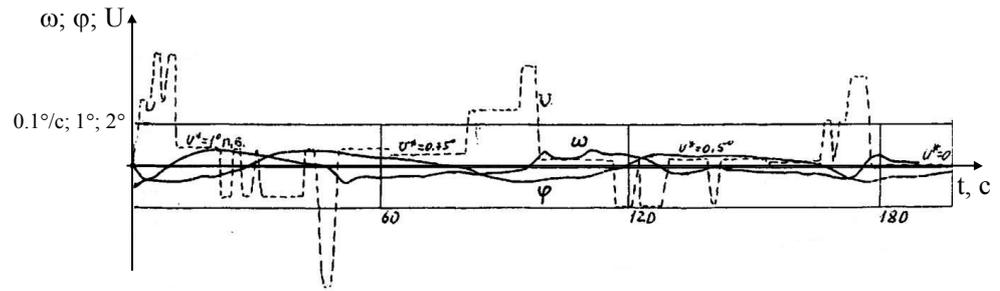


Рис. 2. Осциллограммы натуральных испытаний на т/х «Леонид Соболев» – цифровой авторулевой с интеллектуальным алгоритмом на мелководе

Сравнение проводились по комплексному показателю

$$J = c_1 |n| + c_2 |\varphi_{max}| + c_3 |\omega_{max}| + c_4 |\alpha_{max}|, \quad (2)$$

где  $c_1, c_2, c_3, c_4$  – весовые коэффициенты, значения которых определялись желаемым вкладом каждого частного показателя в обобщенный,  $n$  – количество переключений руля в минуту.

В данной работе вклады всех показателей считались равнозначными и равными 0.25. Допустим, правилами Российского Речного Регистра наложены следующие требования на показатели качества процесса управления:  $n < 7$  переключений в минуту,  $\varphi_{max} < 1^\circ$ ,  $\omega_{max} < 0.05$  %/с,  $\alpha_{max} < 5^\circ$ . С учетом вышеуказанных требований получим следующие значения весовых коэффициентов:  $c_1 = 0.036$  мин./кол. переключений,  $c_2 = 0.25$  1/°,  $c_3 = 5$  с/°,  $c_4 = 0.05$  1/°. В этом случае, выражение (2) примет вид:

$$J = 0.036 |n| + 0.25 |\varphi_{max}| + 5 |\omega_{max}| + 0.05 |\alpha_{max}|. \quad (3)$$

Результаты обработки осциллограмм представлены в таблице 1.

Таблица 1

Тип управления	$n$	$\varphi_{max}, ^\circ$	$\omega_{max}, \%/с$	$\alpha_{max}, ^\circ$	$J$
Ручное управление	5	1	0,07	3	0,93
Автоматическое управление от штатного авторулевого с ПИД-алгоритмом	2	2	0,07	2	1,02
Управление от цифрового авторулевого с интеллектуальным алгоритмом	7	0.5	0,05	2	0,73

Проведенный анализ показывает, что нет принципиального отличия показателя  $J$  при ручном управлении и управлении от штатного авторулевого с ПИД-алгоритмом. Однако, судоводитель не может длительное время поддерживать значение показателя на высоком уровне. Штатный авторулевой также не может работать длительное время. Это связано с тем, что гидродинамика судна меняется при изменении внешних условий. Это требует регулярной настройки коэффициентов ПИД-алгоритма, в противном случае, система «судно-авторулевой» становится неустойчивой.

Лучший показатель дает авторулевой с интеллектуальным алгоритмом. Однако, для его реализации требуется принципиально новое решение рулевого привода. При наличии датчиков состояния высокой точности показатели качества могут быть значительно улучшены.