

обеспечить независимый источник энергии на судах, и значительно сократить экологическую составляющую.

В связи с тем, что наша разработка, очевидно, будет востребована на судах, на рынке, мы прогнозируем, что объем продаж составит на начальном этапе несколько сотен ветряков ежегодно. Емкость всего российского рынка составляет несколько десятков миллиардов рублей. Международный рынок оценивается в несколько десятков миллиардов долларов. На данном этапе сложно оценить рынок, но очевидно, что суммы даже на российском рынке составляют десятки миллиардов долларов.

Уникальные характеристики нашей разработки и приемлемая рыночная цена гарантируют востребованность на рынке.

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

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМА РАБОТЫ АВТОРУЛЕВОГО

Удержание водоизмещающего судна на заданном курсе – одна из основных задач авторулевого. Известно, что авторулевые с неадаптивным алгоритмом управления отключают при ухудшении условий плавания (усилении ветра, волнения, на мелкой воде). Это связано с тем, что динамика управляемого объекта меняется с изменением состояния внешней среды, в частности, глубины судового хода. Для сохранения показателей качества управления требуется непрерывная подстройка параметров алгоритма работы авторулевого.

В данной работе анализируется связь между показателями движения и коэффициентами алгоритма при движении судна по фарватеру разной глубины.

Для решения поставленной задачи используем математическую модель:

$$\begin{cases} U(t) = K_1 \varphi(t) + K_2 \omega(t), \\ d\alpha / dt = (-\alpha(t) + K_{pm} U(t)) / T_{pm}, \\ d\beta / dt = -q_2 \beta(t) - r_2 \omega(t) - s_2 \alpha(t) - h |\beta(t)| \beta(t), \\ d\omega / dt = -q_3 \beta(t) - r_3 \omega(t) - s_3 \alpha(t), \\ d\varphi / dt = \omega(t), \end{cases} \quad (1)$$

где

β, ω, φ – координаты состояния судна;

U – управляющее воздействие на рулевой привод;

K_1 и K_2 – коэффициенты алгоритма управления;

α – угол перекладки руля;

K_{pm}, T_{pm} – коэффициенты модели рулевой машины;

$q_{21}, r_{21}, s_{21}, q_{31}, r_{31}, s_{31}, h_1$ – гидродинамические коэффициенты.

Результаты обработки натурных испытаний динамики судна «Волгонефть-71» показали связь коэффициентов модели (1) с глубиной судового хода. Данные анализа представлены в таблице 1. Поэтому изменение глубины фарватера моделировалось изменением гидродинамических коэффициентов модели, значения которых даны в таблице 1.

Значения гидродинамических коэффициентов

	q_{21}	r_{21}	s_{21}	h_1	q_{31}	r_{31}	s_{31}
F1 ($h > 7$ м)	-0,044	0,029	-0,0020	0,056	-0,135	0,096	-0,0018
F2	-0,044	0,026	-0,0014	0,063	-0,175	0,130	-0,0020
F3	-0,048	0,010	-0,0008	0,118	-0,155	0,110	-0,0005
F4 ($h < 4$ м)	-0,066	-0,021	-0,0007	0,376	-0,127	0,083	-0,0008

Для оценки качества управления введен комплексный показатель J :

$$J = d_1 \omega_{max} + d_2 \frac{1}{T} + d_3 \alpha_{max} \quad (2)$$

где

ω_{max} – максимальное значение угловой скорости рыкания вдоль заданного направления,

T – полупериод рыкания,

α_{max} – максимальное значение перекладки руля,

d_1, d_2, d_3 – весовые коэффициенты, значения которых определяли значимость частных показателей.

На рис. 1 представлены данные по расчету значений комплексного показателя J при различной настройке параметров (K_1 и K_2) авторулевого на глубокой воде (рис. 1, а) и на мелководье (рис. 1, б). Анализ полученных результатов показывает, что комплексный показатель качества при настройке параметров алгоритма на глубокую воду (рис. 1, а, т. А, $J \approx 1$) ухудшится на порядок при переходе судна на мелководье (рис. 1, б, т. А, $J \approx 10$). При оптимизации параметров K_1 и K_2 для мелководья (рис. 1, б, т. В, $J \approx 1.2$) показатель качества управления J практически возвращается к исходному значению $J \approx 1.2$.

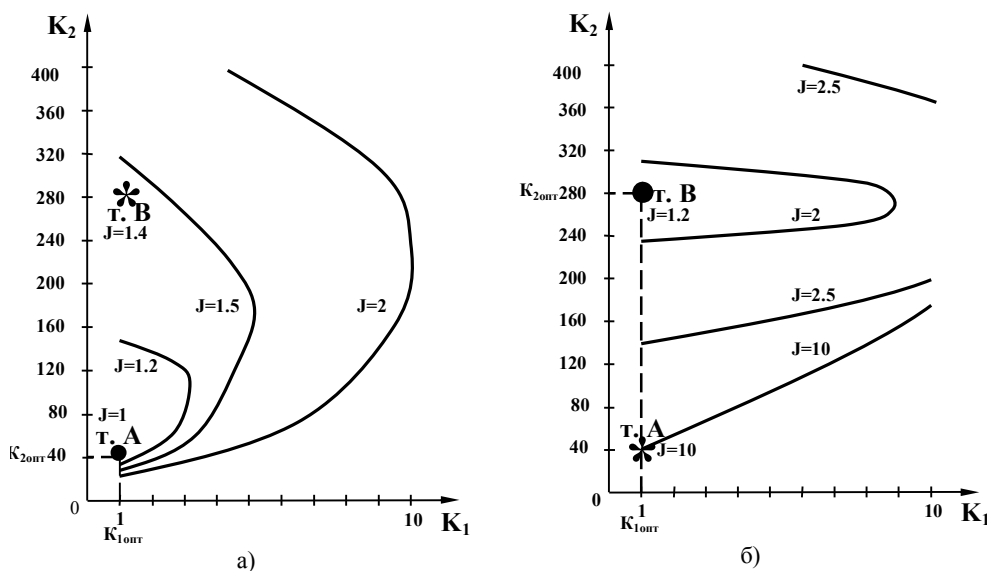


Рис. 1. Линии равных уровней показателя качества управления а) при F_1 , б) при F_4

Таким образом, проведенные расчеты показывают, что настройка параметров ав-

торулевого необходима и проводить ее достаточно по одному из коэффициентов (K_2). Только в этом случае показатели движения судна при разных глубинах фарватера могут быть близки к оптимальным.

А.В. Преображенский
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК УПРАВЛЯЕМОГО НА КУРСЕ СУДНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДАПТИВНОЙ МОДЕЛИ

Разработка авторулевого для речных судов – актуальная задача, поскольку применяемые в настоящее время авторулевые часто не обеспечивают требуемого качества управления. В литературе обсуждаются принципы построения авторулевых с адаптивной моделью объекта и адаптивным регулятором. Адаптивная модель используется для идентификации объекта, параметры модели определяются по критерию минимума среднеквадратичного отклонения координат состояния модели и объекта. Для моделей, описывающих динамику судна в различных условиях движения и отличающихся «идентификационными признаками», определяемыми по статистическим характеристикам входных и выходных сигналов объекта, разрабатываются свои регуляторы и их параметры вносятся в базу данных авторулевого. Параметры регулятора, управляющего судном, устанавливаются после определения идентификационных признаков модели судна в текущих условиях движения [1].

Речное судно очень быстро меняет свои координаты состояния и динамические характеристики под влиянием внешней среды (глубины воды, рельефа дна, направления ветра по отношению к корпусу судна и т.д.), поэтому его модель, идентифицированная по результатам анализа статистических характеристик сигналов, может оказаться не адекватной из-за большой длительности процесса идентификации. Вследствие неустойчивости речного судна на курсе идентификацию его характеристик приходится проводить в системе с замкнутым контуром управления. В непрерывной замкнутой системе для идентификации объекта необходимо вводить в контур управления специальное тестовое воздействие, что нежелательно или недопустимо, а результат идентификации зависит от параметров регулятора.

Быструю идентификацию объекта без введения специального тестового сигнала можно осуществить в системе с дискретизацией управляющего воздействия по времени. Интервал дискретизации должен быть достаточно малым, чтобы возмущающие воздействия на этом интервале были практически постоянными и чтобы задержка подачи управляющего воздействия не ухудшала качества управления, и достаточно большим, чтобы объект успевал реагировать на изменение управления и по реакции можно было определить параметры модели объекта. На малом интервале времени адекватной объекту может быть линейная модель с параметрами, изменяющимися от интервала к интервалу, так что возможно упрощение структуры модели.

Управление квантуется по времени в режиме ручного управления курсом судна. Судоводитель, переключая руль на некоторую постоянную величину, оценивая реакцию судна и уточняя управляющее воздействие, успешно управляет судном в любых условиях внешней среды, так что его алгоритм управления следует считать на сегодняшний день наилучшим. Аналогичным образом работает ситуационный алгоритм управления курсом судна, разработанный на кафедре ИСУиТ ВГАВТ [2]. Как показали натурные испытания на пяти судах, он не уступает по качеству управления опытному судоводителю. Остается неизвестной зависимость качества управления в