

[12] Шарапов Ю.И. Преобразование сигнала без комбинационных частот в специальных приемниках. - М.: САЙНС-ПРЕСС, 2009. – 256 с.

*Т.И. Гаврилова, Е.Н. Поселенов, А.В. Чернышов, М.М. Чиркова*  
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

## ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ УПРАВЛЯЕМОСТИ СУДОВ

Рассматривается возможность введения новых показателей управляемости судов.

Необходимые для обеспечения хорошей управляемости свойства речных водоизмещающих судов в разные моменты развития судостроения и у разных ученых, а также в правилах надзорных (контролирующих эту область деятельности) органов трактовались по-разному.

В работах Н.Я. Першца в качестве одного из простых критериев устойчивости судна на курсе рассматривалось количество переключений руля в единицу времени. В отношении поворотливости имелось в виду то, что при максимальной переключке руля (рулей) и необходимом использовании подруливающих насадок, судно должно быть в состоянии выполнить необходимый маневр. По результатам испытаний составлялись (и составляются сейчас) таблицы маневренности – проверенное средство, позволяющее судоводителю ориентироваться в том, какие действия нужно предпринять при необходимости выполнения того или иного маневра при некоторой начальной скорости поступательного движения судна с учетом времени одерживания при различных углах переключки руля на повороте.

Спустя некоторое время, после большой работы по подготовке требований Российского речного регистра к управляемости судов, были сформулированы новые критерии поворотливости и устойчивости на прямом курсе. Так, в качестве критерия поворотливости рассматривается наименьший относительный диаметр установившейся циркуляции  $(D_y / L)_{\min}$ , полученный при максимально допустимой переключке руля  $\alpha_{\max}$ . Судно отвечает требованию поворотливости, если выполняется условие  $(D_y / L)_{\min} \leq 2$ , где  $L$  – длина судна по конструктивной ватерлинии. Критерием устойчивости судна на курсе является относительный диаметр установившейся циркуляции при нулевом угле переключки рулей. Причем судно считается устойчивым на курсе, если диаметр установившейся самопроизвольной циркуляции удовлетворяет условию  $(D_y / L)_0 \rightarrow \infty$  [1].

Речные водоизмещающие суда являются весьма сложными объектами управления. Их особенности таковы, что они являются объектами с нелинейной динамикой. Статическая характеристика по управлению для них является нелинейной и имеет зону неоднозначности реакции на малые управляющие воздействия (рис. 1). Такие суда не могут удовлетворить вышеуказанным требованиям и являются неустойчивыми на курсе с неустойчивостью типа «седло».

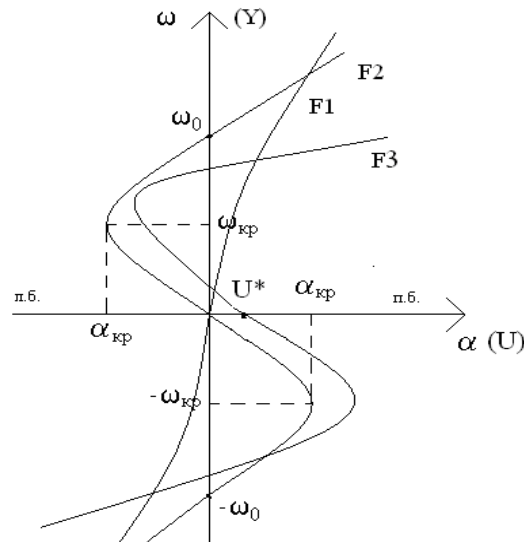


Рис. 1. Статическая характеристика управляемости речного водоизмещающего судна.

В целом управляемость можно определить как совокупность двух противоречивых по своей сути факторов – чувствительности к управлению и быстроты реакции на него (послушливость рулю), а также способность удерживаться на заданном направлении без достаточно долгого вмешательства рулевых органов.

Как обычно оцениваются эти свойства? Как уже было сказано выше, по минимальному относительному радиусу кривизны траектории при максимально переложенном руле, а также по количеству перекладок руля в минуту.

У этих показателей есть недостатки. Во-первых, неизвестно, сколько времени требуется, чтобы достигнуть минимального радиуса при максимальной перекладке руля. У разных судов это могут быть существенно различные периоды времени. Во-вторых, количество перекладок руля в минуту при автоматическом управлении зависит от алгоритма управления и от заданной точности удержания судна на курсе.

Качественная картина поведения судна на курсе определяется количеством и типом особых точек фазовой плоскости  $\beta - \omega$  и ходом фазовых траекторий в окрестности желаемой точки равновесия с координатами  $\omega=0 \pm \varepsilon\omega$  и  $\beta=0 \pm \varepsilon\beta$  при не переложеном руле  $\alpha=0$ .

В работе для оценки управляемости судов предлагается ввести новые показатели, основанные на экспериментально полученных данных при стабилизации судна на заданном курсе при импульсном алгоритме управления:

1.  $t_y$  – время, когда судно находится под управлением ( $\alpha \neq 0$ ) для возврата его на заданный курс (управление снимается после одерживания судна);
2.  $t_{c1}$  – время движения судна по инерции до момента, когда курсовой угол сравнялся с заданным;
3.  $t_{c2}$  – время ухода судна с курса до момента принятия решения о формировании управления для возврата его на курс

По этим трем экспериментально полученным данным рассчитываются комплексные показатели  $\zeta_1, \zeta_2$ :

$$\zeta_1 = \frac{t_y}{t_y + t_{c1} + t_{c2}}, \quad \zeta_2 = \frac{a_{c1}}{a_{c2}},$$

где  $\zeta_1$  – оценивает энергетические затраты на одерживание судна,

$\zeta_2$  – характеризует соотношение ускорений ( $a_1/a_2$ ),

где  $a_1$  – среднее ускорение при движении судна после одерживания до момента выхода его на курс,

$a_2$  – среднее ускорение при уходе судна с курса до момента формирования управления для его одерживания.

Моделирование для различных типов судов проводилось с помощью математической модели, данной в [3]. Коэффициенты модели были взяты из осциллограмм натуральных испытаний.

На рис. 2 представлены значения показателей  $\zeta_1$ ,  $\zeta_2$  для различных проектов речных судов.

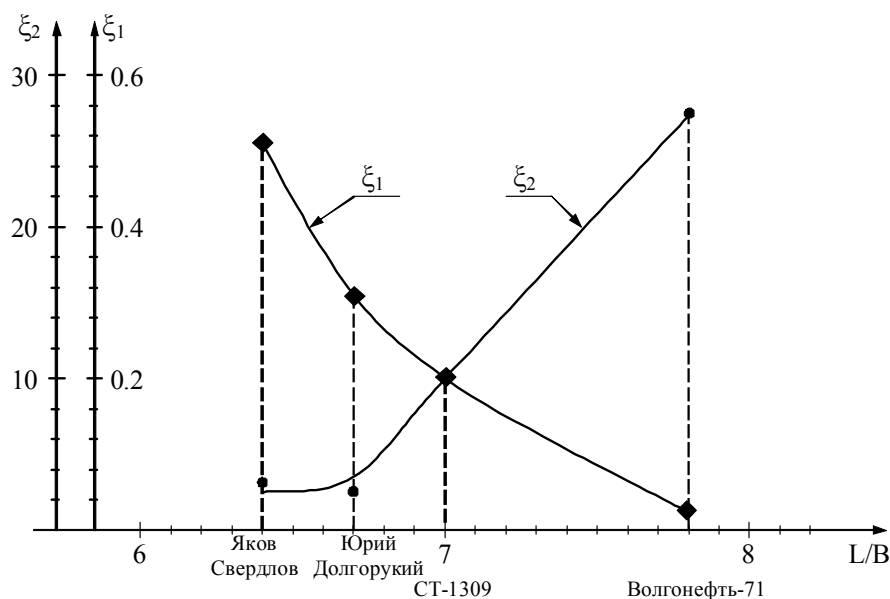


Рис. 2.

Выводы: введенные показатели дают возможность оценить:

– послушливость к рулю (по  $\zeta_1$ ), наиболее чувствительное к управлению судно и требующее минимальных затрат на управление имеет показатель  $\zeta_1$  в пределах 0.04;

– устойчивость на курсе (по  $\zeta_2$ ), максимальное его значение для рассмотренных судов в пределах 27, что характеризует способность судна быстро вернуться на курс и медленно уходить с курса.

#### Список литературы:

- [1] Расчет маневренности и проведение натуральных маневренных испытаний судов внутреннего и смешанного плавания / Руководство Р.006-2004. – Российский Речной Регистр, 2004 г. – 38 с.
- [2] Российский Речной Регистр. Правила (в 4-х томах). Том 3. Правила классификации и постройки судов внутреннего плавания (ПСВП). – Москва, 2009 г. -432 с.
- [3] Войткунский, Я.И., Справочник по теории корабля, Судовые движители и управляемость / Я.И. Войткунский, Р.Я. Першиц, И.А. Титов // . – Л.: Судостроение, -1973. – 511 с.