

УДК 656.61.052

А.Г. Степаненко

Одесская национальная морская академия, ул. Пастера, 16, 65026, Одесса

ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ ЗОНЫ НЕЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ АВТОРУЛЕВОГО НА ЕГО СТАТИЧЕСКУЮ ПОГРЕШНОСТЬ

Приведены результаты исследования влияния ширины зоны нечувствительности ПИД-авторулевого на его статическую погрешность. Установлено, что при наличии зоны нечувствительности статическая погрешность стабилизации курса равна положительной или отрицательной величине полуширины этой зоны.

Ключевые слова: Стабилизация курса – Нечувствительность авторулевого.

А.Г. Степаненко

Одеська національна морська академія, вул. Пастера, 16, 65026, Одеса

ВПЛИВ ШИРИНИ ЗОНИ НЕЧУТЛИВОСТІ АВТОКЕРМУЮЧОГО НА ЙОГО СТАТИСТИЧНУ ПОХИБКУ

Наведено результати дослідження впливу ширини зони нечутливості ПИД-автокермуючого на його статистичну похибку. Встановлено, що при наявності зони нечутливості статистична похибка стабілізації курсу дорівнює позитивній або негативній величині півширини цієї зони.

Ключові слова: Стабілізація курсу – Нечутливість автокермуючого.

A.G. Stepanenko

Odessa National Maritime Academy, Pastera str. 16, 65026, Odessa

IMPACT OF AUTOPILOT DEADBAND WIDTH ON ITS STATIC ERROR

The results of the research of the effect of the dead zone PID autopilot width on its static error are given. It was estimated that the presence of the dead zone static stabilization error rate is equal to the positive or negative value of the half-width of this zone.

Keywords: Stabilization of the course – Insensitivity of autopilot.

I. ВВЕДЕНИЕ

Стабилизация курса является одной из важных задач управления движением судна. Некачественное решение этой задачи приводит к росту сопротивления движению судна и увеличению расхода топлива. Системы стабилизации курса и используемые в них алгоритмы достаточно широко освещены в литературных источниках, в частности в [1-4]. Несмотря на широкое исследование проблемы стабилизации курса ряд из ее аспектов нуждается в дополнительной проработке.

Целью статьи является исследование влияния ширины зоны нечувствительности авторулевого (АР) на его статическую погрешность.

Во многих находящихся в эксплуатации АР для стабилизации курса применяется пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) закон управления и использование зоны нечувствительности для уменьшения количества переключений руля при рыскании судна в условиях волнения. Эти АР вырабатывают сигнал переключки руля β по закону

$$\beta = \delta(\psi) \cdot \left\{ k_P (k_A \psi + k_D \dot{\psi} + k_I \int \psi \cdot dt) \right\}, \quad (1)$$

где ψ – отклонение заданного курса (K_Z) от текущего (K);

k_A , k_D , k_I – соответственно коэффициенты пропорционального, дифференциального и интегрального управления;

k_P – масштабный коэффициент.

В выражении (1)

$$\delta(\psi) = \begin{cases} 0 & \text{при } |\psi| < \psi_L \\ 1 & \text{при } |\psi| \geq \psi_L \end{cases},$$

где ψ_L – задаваемая полуширина зоны нечувствительности.

В АР коэффициенты k_A , k_I при эксплуатации неизменны. Первый коэффициент установлен равным единице, а второй выбирается при заводских испытаниях из диапазона 0,01÷0,04 и в дальнейшем не изменяется.

Для ручной настройки АР, реализующих алгоритм (1), используются регулировки, называемые «Руль» (Rudder), «Контрруль» (Counter rudder), «Рыскание» (Yaw).

Первая регулировка служит для изменения масштабного коэффициента k_P в алгоритме (1). Диапазон k_P обычно составляет 0,5÷5,0.

Вторая регулировка используется для подстройки коэффициента k_D дифференцирующего звена, сигнал которого определяет степень одерживания судна рулем.

Регулировка «Рыскание» (Yaw) предназначена для заглубления работы АР при плохой погоде путем увеличения зоны его нечувствительности (изменения параметра ψ_L обычно от 00 до 30).

II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для того, чтобы оценить влияние ширины зоны нечувствительности на статическую погрешность АР использовалась имитационная модель системы стабилизации курса [2], блок-схема которой представлена на рис. 1.

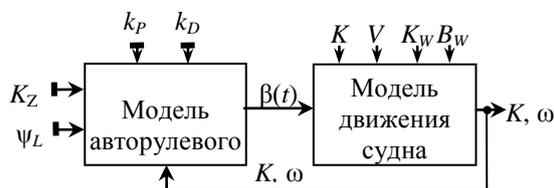


Рисунок 1 – Модель системы стабилизации курса судна



Рисунок 2 – Реализация процесса стабилизации курса

Заданный курс судна – 00, скорость – 17 узл. На судно действуют ветер и волнение. Параметры истинного ветра: направление – 400, скорость – 10 м/с. Параметры волнения: направление откуда приходят волны – 600, сила – 5 баллов. Полуширина зоны нечувствительности задана равной 2.00.

Полученная по модели реализация стабилизации курса приведена на рисунке 2. После обработки этой реализации получены следующие значения: средний курс – 358.10; среднее квадратичное отклонение от курса – 0.90; среднее положение руля – 1.80. Статическая погрешность в этом случае равна – 1.90, т.е. по модулю близка к ψ_L .

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Введение зоны нечувствительности приводит к статической погрешности в курсе при его стаби-

На этой блок-схеме:

- K_a, V_a – направление и скорость ветра;
- K_W, B_W – направление и балл волнения;
- $\omega = \dot{\psi}$ – скорость рыскания.

Модель АР служит для расчета значения β по формуле (1). Модель движения судна служит для определения реакции судна на управляющий сигнал β и возмущающие воздействия. Движение судна в этой модели описывается системой взаимосвязанных, нелинейных дифференциальных уравнений [5].

Моделирование стабилизации курса нескольких судов при разных возмущающих воздействиях позволило установить, что введение зоны нечувствительности полушириной ψ_L приводит к появлению статической погрешности, модуль которой равен ψ_L .

Приведем один из примеров такого расчета. Моделируется стабилизация курса судна со следующими характеристиками:

- длина между перпендикулярами – 145 м;
- ширина по миделю – 22.2 м;
- средняя осадка – 10 м;
- водоизмещение – 25 тыс. т.

лизации авторулевым. Знак этой погрешности противоположен знаку интегральной составляющей в выражении (1), а величина равна заданной полуширине зоны нечувствительности. Устранение названной статической погрешности может быть выполнено путем коррекции заданного для стабилизации курса на величину ψ_L с учетом знака этой погрешности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Березин С.Я., Тетюев Б.А. Системы автоматического управления движением судна по курсу / С.Я.Березин, Б.А.Тетюев. – Л.: Судостроение, 1990. – 256 с.
2. Вагущенко Л.Л., Цымбал Н.Н. Системы автоматического управления движением судна / Л.Л.Вагущенко, Н.Н.Цымбал. – 3-е изд., перераб. и доп. - Одесса: Фенікс, 2007. – 328 с.

3. **Веллер В.** Автоматизация судов /В.Веллер - Пер. с нем. – Л.: Судостроение, 1975. – 280 с.
4. **Лукомский Ю.А.** Навигация и управление движением судов /Ю.А.Лукомский, В.Г.Пешехонов, Д.А.Скороходов - Учебник. – СПб.: «Элмор», 2002. – 360 с.
5. **Першиц Р.Н.** Управляемость и управление судном/ Р.Н.Першиц – Л.: Судостроение, 1983. – 272 с.

REFERENCES

1. **Berezin S.Ja., Tetjuev B.A.** Sistemy avtomaticheskogo upravlenija dvizheniem sudna po kursu / S.Ja.Berezin, B.A.Tetjuev. – L.: Sudo-stroenie, 1990. – 256 s.

2. **Vagushhenko L.L., Cymbal N.N.** Sistemy avtomaticheskogo upravlenija dvizheniem sudna / L.L.Vagushhenko, N.N.Cymbal. – 3-e izd., pere-rab. i dop. - Odessa: Feniks, 2007. – 328 s.
3. **Veller V.** Avtomatizacija sudov /V.Veller - Per. s nem. – L.: Sudostroenie, 1975. – 280 s.
4. **Lukomskij Ju.A.** Navigacija i upravlenie dvizheniem sudov /Ju.A.Lukomskij, V.G.Peshehonov, D.A.Skorohodov - Uchebnik. – SPb.: «Jelmor», 2002. – 360 s.
5. **Pershic R.N.** Upravljaemost' i upravlenie sudnom/ R.N.Pershic – L.: Sudostroenie, 1983. – 272 s.

Получена в редакції 02.08.2013, принята к печати 04.09.2013