



УДК 629.5.061.11

Л.С. Грошева, к.т.н, доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

В.И. Плющаев, заведующий кафедрой, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ШВАРТОВКИ СУДНА С КОЛЕСНЫМ ДВИЖИТЕЛЬНО-РУЛЕВЫМ КОМПЛЕКСОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Ключевые слова: судно, колесный движительно-рулевой комплекс, подруливающее устройство, швартовые операции, спутниковые навигационные системы.

В России появились принципиально новые суда с колесным движительно-рулевым комплексом, у которых отсутствует традиционный руль. Управление судном осуществляется путем изменения соотношения частот вращения гребных колес, что обеспечивает повышенную управляемость судна, в то же время создает значительные трудности для судоводителя при выполнении швартовых операций. Оснащение судна азимутальным носовым подруливающим устройством и синтез алгоритмов управления, позволяющих реализовать движение лагом в заданном направлении, существенно упрощают процесс швартовки судна. Использование спутниковых навигационных систем позволяют автоматизировать процесс подхода судна к причалу.

Швартовка и отшвартовка судна относятся к разряду самых сложных элементов судовождения [1]. Наиболее часто используют швартовку лагом. Однако для судов с колесно-двигательным рулевым комплексом (КДРК), при отсутствии традиционного руля, реализация движения лагом невозможна. Для повышения маневровых качеств, в проекте нового судна этого типа предполагается установка носового азимутального подруливающего устройства (ПУ).

Для судна с КДРК [2], оснащенного подруливающим устройством, возможна реализация движения в любом заданном направлении. Движение лагом судна с КДРК реализуется с использованием одного из гребных колес и подруливающего устройства. Для движения влево правое колесо отключается (режим свободного вращения под действием встречного потока), левое колесо вращается с заданной частотой. Поскольку плицы установлены под некоторым углом к оси колес, вектор тяги, создаваемый каждым колесом, направлен под углом примерно 15° к ДП судна. Таким образом, при вращении только левого колеса появляется составляющая силы, перпендикулярная ДП. Регулируя величину и направление вектора тяги подруливающего устройства можно компенсировать вращающий момент, создаваемый рабочим колесом, и обеспечить перемещение судна лагом в заданном направлении. Аналогично, используя правое колесо и подруливающее устройство, можно реализовать движение судна вправо.

Для движения судна с КДРК лагом обеспечить стабилизацию ДП судна в заданном направлении и управление вектором тяги ПУ для перемещения судна лагом по заданной траектории.

Стабилизация положения в ДП достигается управление тягой ПУ:

где $\varphi_{зад}$ – заданное направление ДП судна; φ – текущее значение направления ДП судна; k_φ, k_ω – безразмерные коэффициенты.

Расчет управляющего воздействия на частотный привод насоса ПУ для стабилизации ДП судна ведется по формуле:

$$U_{ny_n} = U_{ny_c} + [k_\varphi (\varphi_{зад} - \varphi) - k_\omega \omega] \frac{1}{2\pi} \text{sign}(n_1 - n_2);$$

$$\begin{cases} \text{если } U_{ny_n} > 1, \text{ то } U_{ny_n} = 1; \\ \text{если } U_{ny_n} < -1, \text{ то } U_{ny_n} = -1, \end{cases} \quad (1)$$

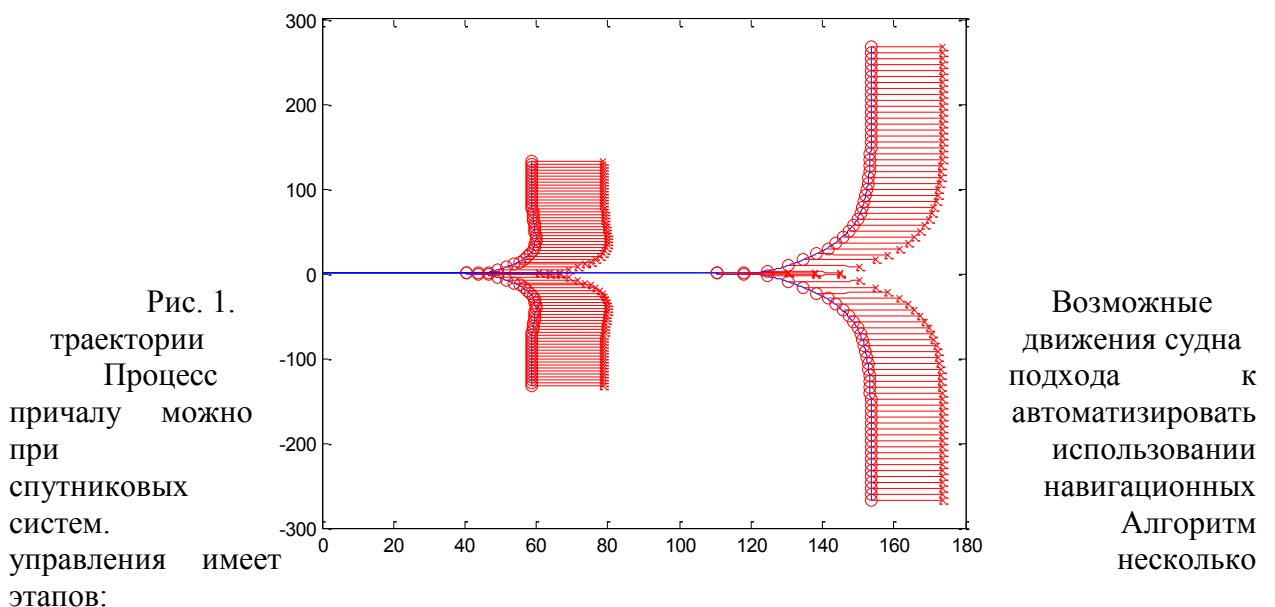
где U_{ny_n} и U_{ny_c} - новое и старое значение управляющего воздействия на частотный привод насоса ПУ; $\varphi_{зад}$ – заданное направление ДП судна; φ – текущее значение направления ДП судна; k_φ, k_ω – безразмерные коэффициенты; n_1, n_2 – частоты вращения гребных колес судна; ω – угловая частота вращения судна вокруг центра масс.

Расчет управляющего воздействия γ_{ny_n} для поворотной насадки ПУ для реализации перемещения лагом в заданном направлении ведется по формуле:

$$\gamma_{ny_n} = \gamma_{ny_c} + k_\psi (\psi_{зад} - \psi) - k_\phi \frac{d\psi}{dt} \text{sign}(n_1 - n_2), \quad (2)$$

где $\psi_{зад}$ – направление движения судна лагом, задаваемое судоводителем с помощью джойстика; ψ – текущее направления перемещения судна; k_ψ, k_ϕ – безразмерные коэффициенты.

На рис. 1 приведены возможные траектории движения судна при реализации предложенного алгоритма управления при двух значениях частот вращения гребных колес (линии показывают положение ДП судна).



- Возможные траектории движения судна подхода к причалу можно при спутниковых системах. Процесс управления имеет несколько этапов:
- судоводитель задает желаемую скорость движения судна (выбирая необходимые частоты вращения гребных колес);
 - на экране картплоттера судоводитель выбирает причальную «стенку» (2 точки, определяющие линию причаливания);

- система управления получает с картплоттера координаты, курс судна в текущий момент времени и координаты линии причаливания;
 - по точкам линии причаливания рассчитывается $\varphi_{зад}$ (заданное направление ДП судна), φ (текущее значение направления ДП судна) поступает с картплоттера;
 - по координатам судна и причальной стенке рассчитывается направление перемещения судна лагом $\psi_{зад}$;
 - с использованием (1) и (2) рассчитываются управляющие воздействия для ПУ, обеспечивающие движение судна лагом по заданной траектории.
- Непосредственно причаливание к стенке осуществляется в ручном режиме.

Список литературы:

- [1] Антонов В.А., Письменный М.Н. Теоретические вопросы управления судном. Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. МГУ им. Адм. Г.И. Невельского, 2007. 78 с.
- [2] Плющаев В.И., Галкин Д.Н., Итальянцев С.А. Компьютеризованная система управления пассажирским колесным теплоходом. // Речной транспорт (XXI век). 2014. – № 6(71). – с. 35-37.

AUTOMATION OF THE SHIP BOARD PROCESS WITH WHEELED MOVING AND STEERING COMPLEX WITH USING THE SATELLITE NAVIGATION SYSTEM

L.S. GROSHEVA, V.I. PLUYSHCHAEV

Key words: ship, wheeled propulsion-steering complex, thruster, mooring operations, satellite navigation systems.

In Russia, there were essentially new ships with a wheeled propulsion-steering complex, which lacked a traditional steering wheel. The ship is controlled by changing the ratio of the speeds of the propeller wheels, which provides for an increased controllability of the vessel, while at the same time creates considerable difficulties for the boatmaster when performing mooring operations. Equipping the vessel with an azimuth bow thruster and synthesizing control algorithms that make it possible to realize the lag in a given direction significantly simplify the process of mooring the vessel. The use of satellite navigation systems makes it possible to automate the process of approaching the vessel to the berth.