



УДК 629.5.061.11

Е. С. Важдяева, студентка электромеханического факультета ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Л.С. Грошева, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
В.И. Плющаев, заведующий кафедрой, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г.Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ АЗИМУТАЛЬНОГО ПОДРУЛИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА С КОЛЕСНЫМ ДВИЖИТЕЛЬНО-РУЛЕВЫМ КОМПЛЕКСОМ

Ключевые слова: судно, колесно-двигательный рулевой комплекс, азимутальное подруливающее устройство, динамические характеристики судна.

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 создает определенные трудности для судоводителя при швартовых операциях. Рассмотрено влияние параметров азимутального подруливающего устройства на динамические характеристики судна при реализации движения лагом.

Новый тип судов оснащен колесным двигатель-рулевым комплексом (2 гребных колеса установлены по бортам в кормовой части судна). У них отсутствует традиционный руль, маневрирование судна осуществляется изменением соотношения частот вращения гребных колес [1]. Суда с КДРК имеют ряд преимуществ - малую осадку, низкий расход топлива и др.[2]. Как показала практика, при эксплуатации этих судов возникают специфические проблемы – резкая реакция судна на изменения соотношения частот вращения гребных колес, существенное влияние внешних факторов(ветра, течения), сложность выполнения швартовых операций (в частности, невозможно реализовать движение судна лагом). Эти проблемы усугубляются с увеличением габаритных размеров судов. Построенные к настоящему времени суда с КДРК имеют длину около 36 м, сейчас проектируется судно длиной более 80 м. Для повышения маневровых качеств нового судна планируется его оснащение новым азимутальным подруливающим устройством (ПУ). В частности, рассматриваемый вариант ПУ может плавно менять упор от 0 до 820 Н (за счёт использования частотного привода засасывающего устройства) и его направления от 0 до 360 градуса за счёт поворота насадки [3].

Силы, действующие на корпус судна при реализации движения лагом, показаны на рис. 1. Вектор тяги гребного колеса P_{k1} судна с КДРК направлен под углом $\alpha \approx 15^{\circ}$, составляющая вектора тяги P'_{k1} создает вращающий момент (разворачивает корпус судна по часовой стрелке), составляющая P''_{k1} обеспечивает перемещение судна вдоль ДП. В исходном положении вектор тяги P_{ny} направлен под углом $\zeta = (180^{\circ} - \alpha)$ к ДП. Составляющая вектора тяги P'_{ny} создает вращающий момент, разворачивающий

корпус судна против часовой стрелки, составляющая тяги ПУ P''_{ny} , совместно с P''_{kl} , обеспечивает перемещение судна вдоль ДП.

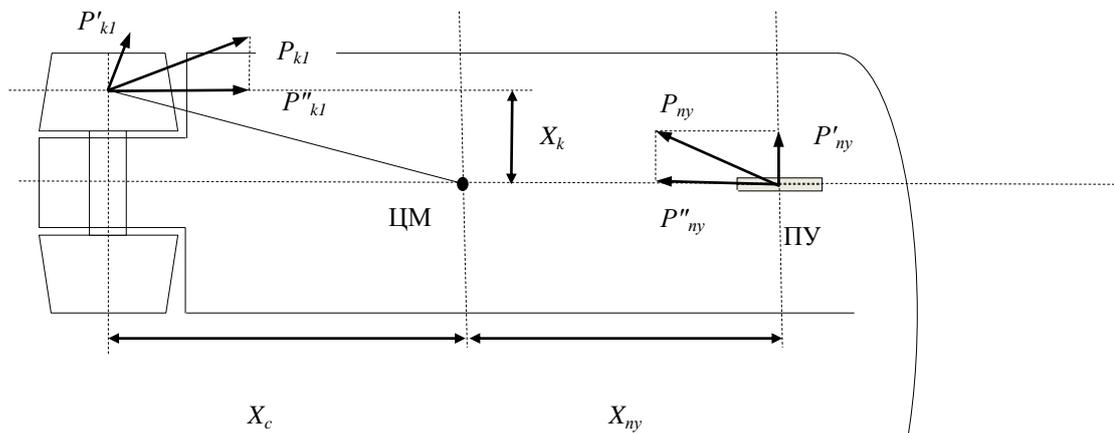


Рис. 1. Силы, действующие на корпус судна

Алгоритм реализации движения судна лагом:

- судно движется вперед при работающих гребных колесах с заданной скоростью;
- выключается правое колесо и включается ПУ (первоначальное направление вектора тяги ПУ $\zeta = 180^\circ - \alpha$);
- за счет P''_{ny} происходит торможение судна (полученная скорость определяется соотношением $(P''_{kl} - P''_{ny})$ и может быть как положительной, так и отрицательной);
- за счет P'_{kl} и P'_{ny} уравниваются вращающие моменты, обеспечивая стабилизацию корпуса судна и движение судна лагом в заданном направлении под любым углом – от 0° до 180° ;
- при работе правого колеса и ПУ обеспечивается движение лагом под углами от 180° до 360° .

Очевидно, можно реализовать подобное движение и при работе одного из колес назад.

Представляет интерес задача выбора параметров ПУ, обеспечивающих приемлемые качественные показатели комплекса корпус судна - КДРК - ПУ. К этим параметрам относится скорость вращения поворотной насадки или время ее поворота на 360° (T_{ny}) и время выхода на заданные обороты электродвигателя засасывающего устройства $T_{\partial\sigma}$. При исследованиях использована математическая модель судна с КДРК оснащённого ПУ, предложенная в [4].

Одним из параметров, определяющих качество управления, является T_{ny} . Скорость поворота может изменяться в широких пределах, причем поворот может осуществляться как с постоянной скоростью (при обычном приводе с асинхронным двигателем), так с переменной скоростью (при использовании частотного привода). Оценка влияния T_{ny} поворотной насадки на точность удержания судна на заданном курсе $\Delta\psi$ и точность удержания заданного положения корпуса судна $\Delta\phi$ проводилось при движении судна лагом под разными углами к первоначальному курсу ($\psi_{зад} = 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ на рис. 2).

На рис. 3 представлены зависимости погрешности удержания судна на заданном курсе $\Delta\psi$ для различных заданных углов при двух скоростях движения судна (на рис. 3а частота вращения гребного колеса составляет 0,1 1/с, на рис. 3б – 0,05 1/с).

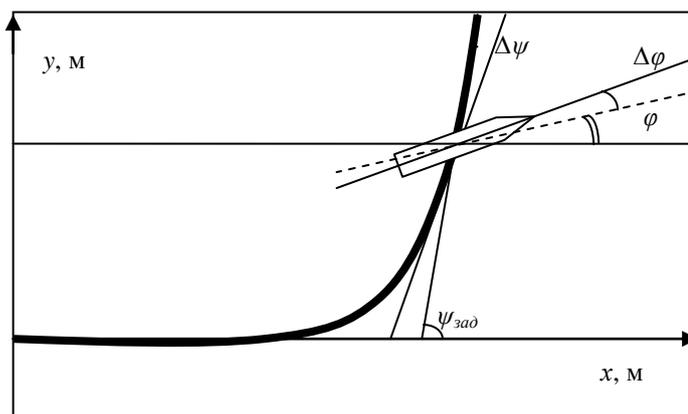


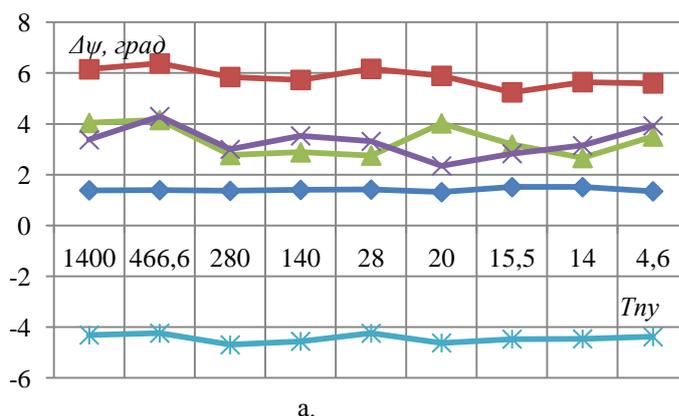
Рис. 2. Траектория движения судна

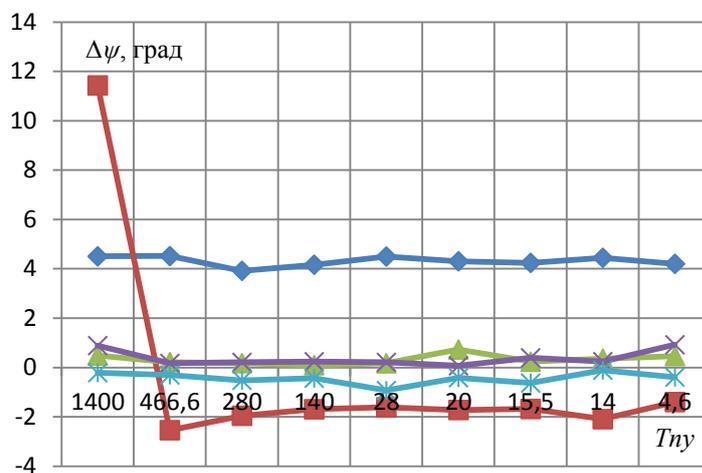
Как показывают результаты расчётов, ошибка удержания судна на курсе $\Delta\psi$ мало зависит от заданного курса и скорости вращения поворотной насадки. Это объясняется двумя причинами:

- в исходном положении вектор тяги $P_{пу}$ направлен под углом $\zeta = (180^\circ - \alpha)$ к ДП, что обеспечивает эффективное торможение судна с момента включения ПУ;
- необходимую величину момента вращения ПУ можно получить практически при любом угле поворотной насадки за счёт регулирования величины упора ПУ в широких пределах.

Полученные значения ошибки поддержания курса лежат в пределах приемлемых для практического использования. Для практики можно рекомендовать значения времени поворота насадки в пределах $10\text{с} < T_{пу} < 20\text{с}$.

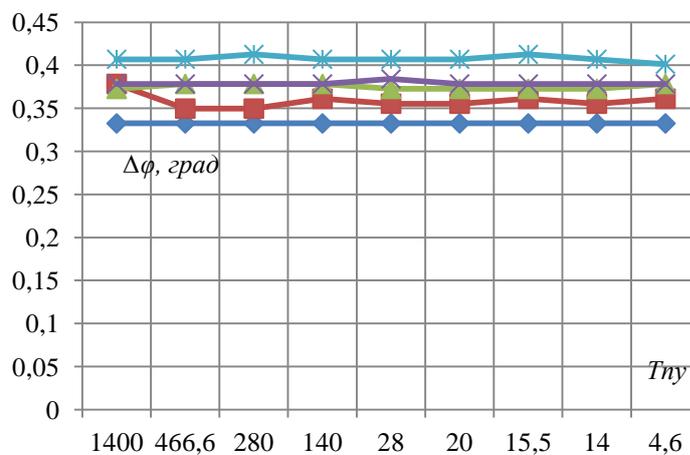
На рис. 4 приведены зависимости погрешности удержания корпуса в заданном положении $\Delta\phi$ для различных заданных курсов ($\psi_{зад} = 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ, 135^\circ$) при двух скоростях движения судна (на рис. 4а число частота вращения гребного колеса составляет 0,1 1/с, на рис. 4б – 0,05 1/с). Погрешность удержания судна в заданном положении не превышает $0,4^\circ$, что говорит о высоком качестве алгоритма управления, предложенного в [3].



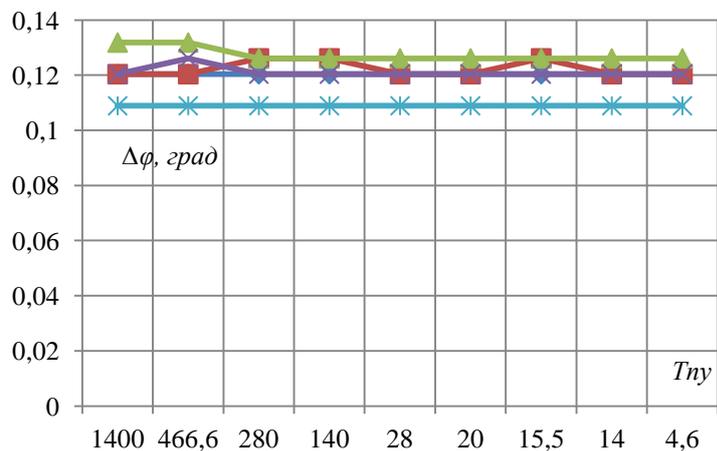


б).

Рис.3. Зависимости погрешности удержания судна на курсе от времени поворота насадки при различных заданных направлениях и частотах вращения гребных колес



а).



б).

Рис.4. Зависимости погрешности удержания корпуса судна в заданном положении от времени поворота насадки при различных заданных направлениях и частотах вращения гребных колес

Вторым важным параметром ПУ является время выхода на заданные обороты электродвигателя засасывающего устройства $T_{\text{об}}$. Выход на режим преобразователей частоты приводов гребных колес происходит по s – характеристике, что позволяет при

Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов

смене управляющего воздействия выбрать все люфты в механизмах и произвести безударный переход на новую частоту вращения. На рис. 5 приведена зона параметров, при которых возможна реализация движения судна лагом (кривые получены для T_{ny} 7с и 70 с). Параметр $T_{\partialв}$ в большей степени влияет на работоспособность системы, чем T_{ny} . Снижение скорости изменения оборотов приводит к невозможности удержания судна на заданном курсе при движении лагом с ростом скорости. Область работоспособности можно увеличить увеличив упор ПУ.

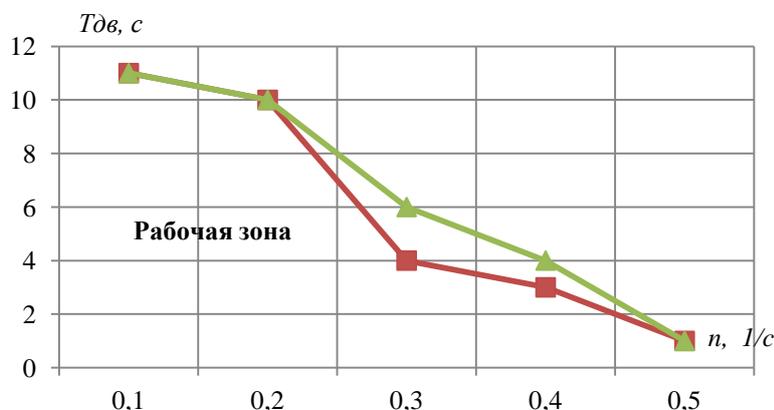


Рис. 5. Зона работоспособности системы управления

Таким образом, режим движения лагом возможен при сравнительно низких скоростях движения судна. Основными параметрами ПУ, влияющими на управляемость судна, являются величина упора и время выхода привода на заданный режим. Время поворота насадки ПУ мало влияет на качество управления.

Список литературы:

- [1]. Российский патент № 2225327 от 30.11.2001.
- [2]. Галкин Д.Н., Малый Ю.А. От «Суры» к «Золотому кольцу» // Речной транспорт (XXI век). – 2015. - №2(73). – С. 32-33.
- [3]. http://www.vethpropulsion.com/products/bow_thrusters/compact-grid_en.html.
- [4]. Грошева Л.С., Плющаев В.И. Управление судном с колесным движительно-рулевым комплексом при выполнении швартовых операций. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2017. - №4. – С. 21 – 30

EVALUATION OF AZIMUTH THRUSTERS PARAMETERS INFLUENCE ON THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE SHIP WITH WHEEL - PROPULSION STEERING COMPLEX

E.S. VAZHDAYEVA, L.S. GROSHEVA, V.I. PLUYSHCHAEV

Keywords: ship, wheel-propulsion steering complex, azimuth thruster, dynamic characteristics of the vessel.

Fundamentally new ships with wheeled propulsion-steering complex have appeared in Russia. They do not have a traditional steering wheel. Ship handling is accomplished by changing of the paddle wheels rotation ratio. It creates certain difficulties for the navigator while mooring. The authors consider the azimuth thrusters parameters influence on the dynamic characteristics of the ship when moving abreast.

