

УДК 629.5.061.11

В.И. Плющев, заведующий кафедрой, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ВОЗМОЖНОСТИ СУДНА С КОЛЕСНЫМ ДВИЖИТЕЛЬНО-РУЛЕВЫМ КОМПЛЕКСОМ И РАЗНЫМИ ТИПАМИ ПОДРУЛИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Ключевые слова: судно, колесно-двигательный рулевой комплекс, подруливающее устройство, управляемость судна.

В России появились принципиально новые суда с колесным двигательно-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. Рассмотрены варианты оснащения судна разными типами подруливающих устройств.

На современном этапе возрождается интерес к судам с колесными двигателями. Это объясняется возможностью создания судов с малой осадкой (что очень актуально для речного флота, эксплуатируемого на реках России) и существенного снижения расхода топлива (до 40%) по сравнению с судами с традиционным винто-рулевым комплексом.

В 2011 году в Нижнем Новгороде было введено в эксплуатацию первое судно с колесным двигательно-рулевым комплексом (КДРК). Отличительной особенностью судов этого типа является наличие двух гребных колес, расположенных по бортам в кормовой части судна, и отсутствие традиционного органа управления (руля или поворотных насадок). Гребные колеса обеспечивают и движение, и управление [1]. Изменение величины и направления вектора тяги осуществляется путём изменения соотношения числа оборотов и направления вращения гребных колёс, имеющих независимый привод. В настоящее время построено 3 судна с КДРК (рис. 1), ведется проектирования крупного пассажирского судна.



Рис. 1. Судно с колесным двигательно-рулевым комплексом

Гребные колеса судов с КДРК имеют принципиальное отличие от гребных колес традиционного типа. Плицы колес судна с КДРК имеют аксиально-винтовую форму, что обеспечивает подгребание воды с бортов и обжатие струи [1]. В результате, вектор тяги гребных колес судна с КДРК оказывается направленным под углом α к диаметральной плоскости (ДП) судна (для проекта ПКС40 угол $\alpha = 15^\circ$, рис. 2).

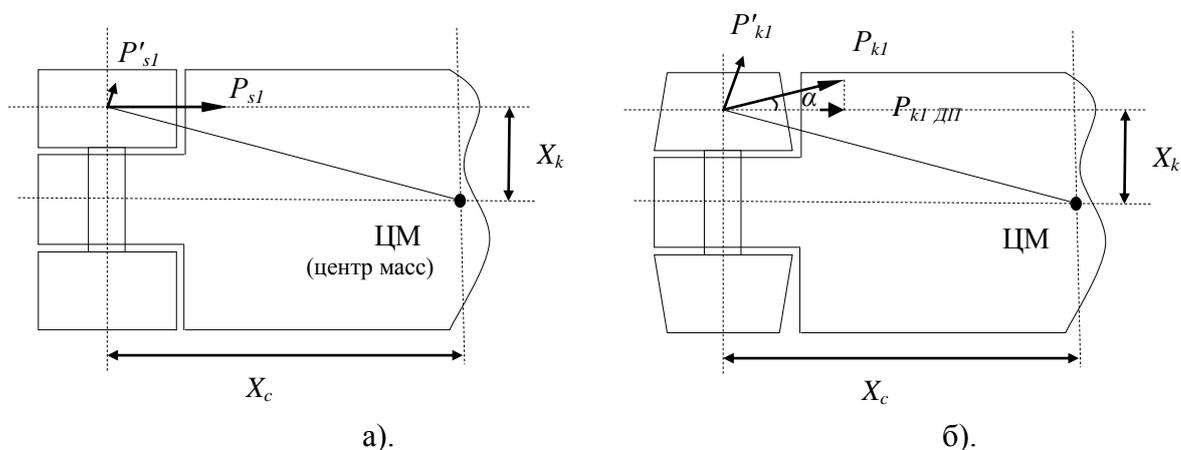


Рис. 2. Векторы тяги гребных колес классических колесных теплоходов (а) и судов с КДРК (б).

Это приводит к увеличению составляющей вектора тяги, создающей вращающий момент $P'_{kl} > P'_{sl}$. Для теплоходов проекта ПКС40 эта величина составляет $P'_{kl} / P'_{sl} \approx 2,3$ (при одинаковой тяге колес разного типа), что существенно повышает управляемость судна.

На рис. 3 представлены зависимости величины (P'_{kl} / P'_{sl}) от угла α (угол между направлением вектора тяги колеса и ДП судна) и величины (X_k / X_c) .

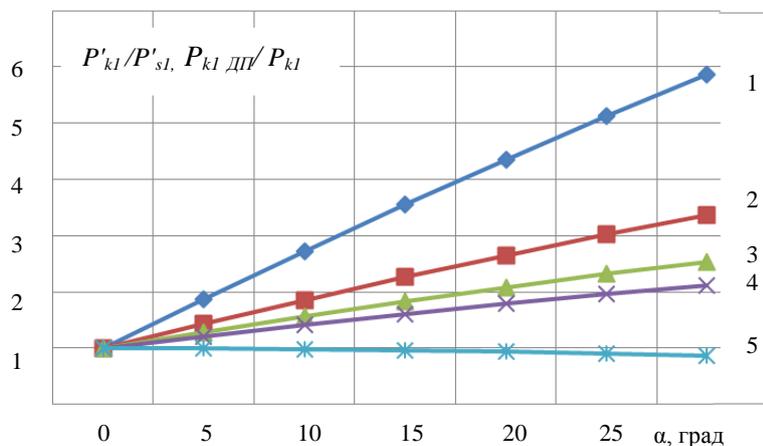


Рис.3. Зависимости величины (P'_{kl} / P'_{sl}) от угла α и величины (X_k / X_c) :
 1 – $X_k / X_c = 0,1$; 2 – $X_k / X_c = 0,2$; 3 – $X_k / X_c = 0,3$; 4 – $X_k / X_c = 0,4$;
 5 – $P_{kl ДП}$ -составляющая упора гребного колеса вдоль ДП

Как видно из рис. 3, изменение направления вектора тяги позволяет увеличить составляющую упора гребного колеса, определяющую вращающий момент, существенно влияющий на управляемость судна. Влияние величины угла α на P_{kl} наиболее заметно с уменьшением X_k / X_c (т.е. при увеличении длины судна). При этом снижение $P_{kl ДП}$ (составляющая упора гребного колеса вдоль ДП, которая определяет скорость судна) весьма незначительно (кривая 5 на рис. 3).

На рис. 4 представлены зависимости вращающего момента (при постоянном значении $X_k = 4.7\text{ м}$ – расстояние между центрами колес теплохода проекта ПКС180) и составляющей силы тяги гребного колеса вдоль ДП $P_{kl \text{ ДП}}$ от длины судна. Представленные кривые нормированы к их значениям при $X_c = 15\text{ м}$.

Для судна проекта ПКС180 [2], имеющего длину около 80 м, вращающий момент при изменении направления вектора тяги гребных колес от 5° до 15° и составляющая силы, формирующей вращающий момент, увеличивается примерно в 1.3 раза.

Таким образом, конструкция КДРК (формирующая вектор тяги колес P_{kl} под некоторым углом с ДП), обеспечивает хорошую поворотливость судна без традиционного руля.

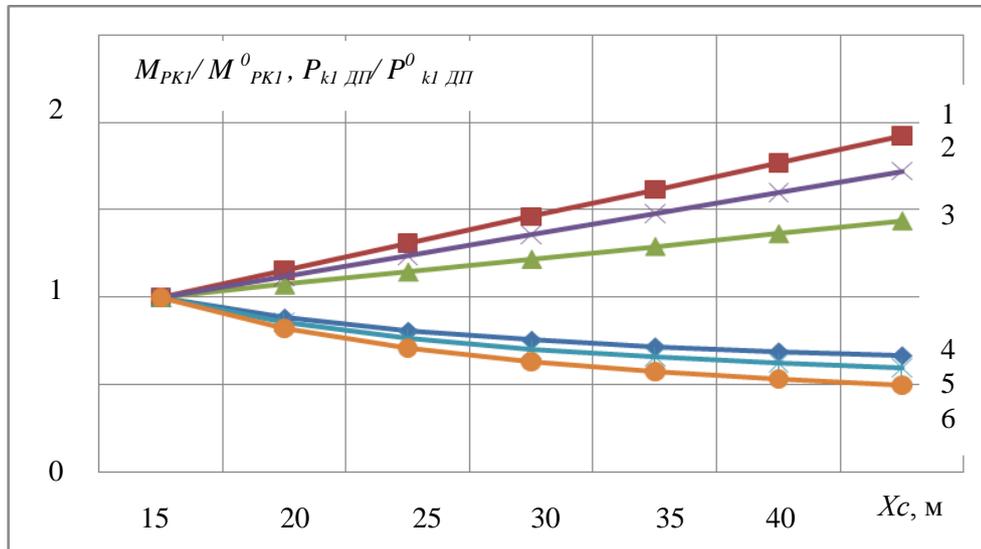


Рис. 4. Зависимости вращающего момента M_{PKI} (кривая 1 – $\alpha = 15^\circ$, кривая 2 – $\alpha = 10^\circ$, кривая 3 – $\alpha = 5^\circ$) составляющей силы тяги гребного колеса вдоль ДП $P_{kl \text{ ДП}}$ (кривая 6 – $\alpha = 15^\circ$, кривая 5 – $\alpha = 10^\circ$, кривая 4 – $\alpha = 5^\circ$) от длины судна

Но у судов с КДРК есть и существенный недостаток – невозможно обеспечить движение судна лагом, что затрудняет выполнение швартовых операций. Решить эту проблему можно оборудовав судно с КДРК подруливающим устройством (ПУ на рис. 5). Традиционные ПУ обеспечивают создание дополнительной тяги P_{ny} , приложенной к носовой части судна в направлении перпендикулярном ДП судна.

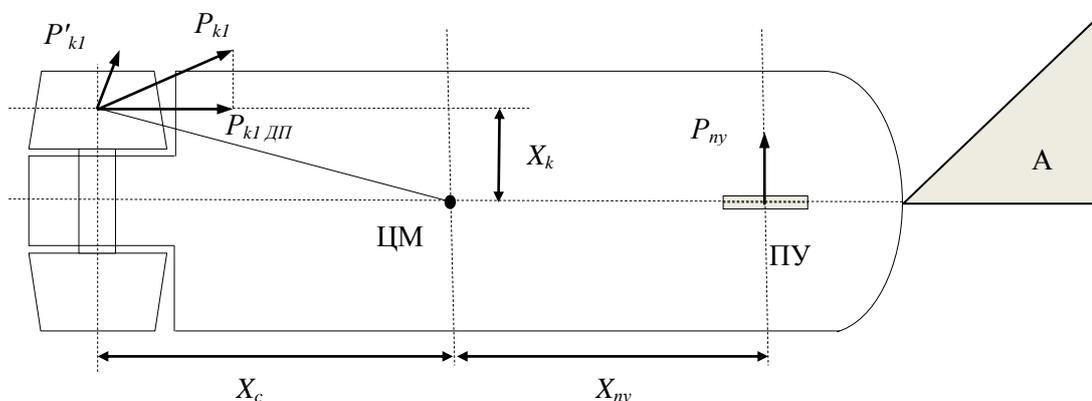


Рис. 5. Судно КДРК, оборудованное традиционным ПУ (движение лагом вперед)

При одном работающем колесе (рис. 5) вращающий момент, создаваемый составляющей тяги колеса P'_{k1} , может быть уравновешен моментом, создаваемым тягой ПУ P_{ny} , что позволяет стабилизировать положение корпуса в плоскости $xу$. Движение вперед определяется составляющей $P_{k1 ДП}$. Поскольку у тяги ПУ нет составляющей, направленной вдоль ДП, судно может передвигаться лагом по направлениям в пределах некоторого сектора А (рис.5). Принципиально невозможно при данном типе ПУ осуществить движение лагом под углом близким к 90^0 .

При работе правого колеса в обратную сторону (рис. 6) вращающие моменты, создаваемые тягами P'_{k1} и P_{ny} могут быть уравновешены, что обеспечит стабилизацию корпуса судна. Движение назад определяется составляющей $P_{k2 ДП}$. Поскольку у тяги ПУ нет составляющей, направленной вдоль ДП, судно может передвигаться лагом по направлениям в пределах некоторого сектора В (рис.6).

При смене направления вектора тяги ПУ и соответствующем направлении вращения гребных колес можно осуществлять движение лагом и в противоположных направлениях (в секторах симметричных секторам А и В относительно ДП).

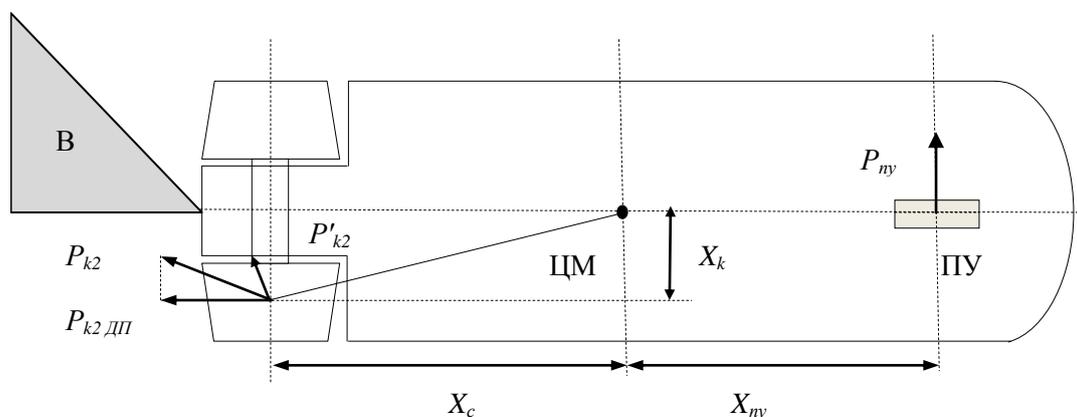


Рис. 6. Судно КДРК, оборудованное традиционным ПУ (движение лагом назад)

Для движения лагом в направлениях близких к 90^0 и 180^0 необходимо иметь ПУ с поворотным вектором тяги. Такими устройствами являются носовые азимутальные ПУ (АПУ), позволяющие менять как величину тяги, так и ее направление (рис. 7).

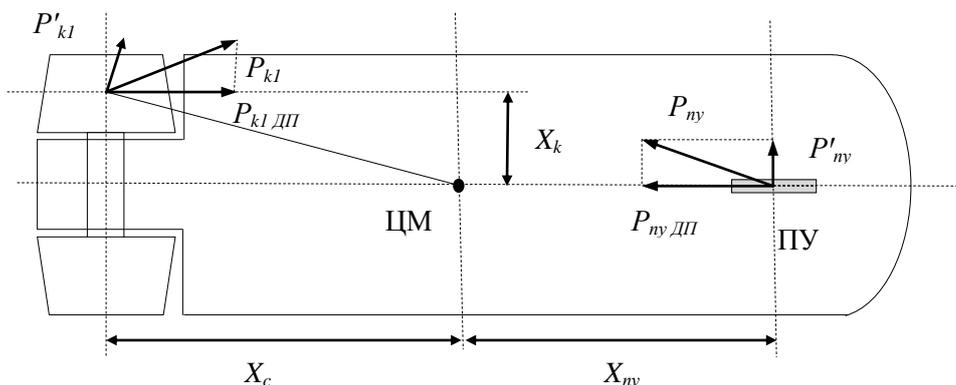


Рис. 7 Судно с КДРК, оборудованное АПУ

При одном работающем колесе вращающий момент, создаваемый составляющей тяги P'_{k1} , может быть уравновешен вращающим моментом, создаваемым составляющей силы тяги ПУ P'_{ny} (тем самым будет обеспечена стабилизация ДП судна под

определенным углом). Сумма составляющих тяги гребного колеса $P_{klДП}$ и ПУ $P_{nyДП}$ вдоль ДП обеспечит поступательное движение судна вперед или назад.

Алгоритм работы можно представить следующим образом:

- судно движется вперед при работающих гребных колесах с заданной скоростью;
- выключается правое колесо и включается АПУ (первоначальное направление вектора тяги АПУ $\vartheta = 180^0 - \alpha$);
- за счет $P_{nyДП}$ происходит торможение судна (полученная скорость определяется соотношением $(P_{klДП} - P_{nyДП})$ 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 0^0 до 180^0 ;
- при работе правого колеса и АПУ обеспечивается движение лагом под углами от 180^0 до 360^0 .

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

Таким образом, дооснащение судна с КДРК азимутальным подруливающим устройством существенно повышает маневренность и управляемость судна, в том числе обеспечивает возможность перемещения лагом в любом выбранном направлении.

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.

THE CAPACITY OF THE SHIP WITH WHEEL-PROPULSION STEERING COMPLEX AND DIFFERENT TYPES OF THRUSTERS

V.I. Pluyshchaev

Keywords: ship, wheel-propulsion steering complex, thruster, steering capability of the ship.

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 options of equipping the vessel with different types of thrusters.