

УДК 629.5.016

**ВЛИЯНИЕ ОГРАНИЧЕННОСТИ ГЛУБИНЫ ФАРВАТЕРА
НА МОРЕХОДНЫЕ КАЧЕСТВА СУДНА****С. В. Сауляк¹, О. Н. Мазур²**

Рассмотрено влияние ограниченности глубины фарватера на такие мореходные качества судна, как его ходкость и остойчивость. Выявлено существенное влияние глубины фарватера на эти мореходные качества судна.

Ключевые слова: фарватер, критическая скорость, ходкость, маневрирование, остойчивость, крен.

Судном называется плавающее сооружение, предназначенное для выполнения какой-либо транспортной, промысловой, технической, служебной или спортивной функции в зависимости от его назначения.

Являясь сложным инженерным сооружением, судно обладает способностью плавать на воде и перемещаться по ней. Поэтому, к нему предъявляются такие требования:

- судно должно держаться на поверхности воды, как в нормальном, так и в поврежденном состоянии при определенной посадке со всеми находящимися на нем грузами;
- сохранять устойчивое равновесие, как в прямом, так и в наклонном положении под действием внешних сил;
- держаться на воде при затоплении части объема корпуса через пробоину;
- иметь плавную и медленную качку;
- перемещаться на поверхности воды в любом направлении с определенной скоростью в условиях спокойной воды и волнения;
- обладать хорошей поворотливостью под действием рулевого органа;
- сохранять по возможности прямолинейность движения и обеспечивать наименьший отход от курса при неизменном положении руля.

Этим требованиям должны отвечать специальные качества судна (плавучесть, остойчивость, непотопляемость, плавность качки, ходкость, поворотливость и устойчивость на курсе) называемые мореходными качествами и обеспечивающие его безопасное плавание в эксплуатационных

¹ © Сауляк С. В., преподаватель, Одесская национальная морская академия.

² © Мазур О. Н., преподаватель, Одесская национальная морская академия.

условиях. Следует отметить, что часть мореходных качеств имеет непосредственное отношение к процессу плавания судна, а часть – к процессу его перемещения по воде.

В самом деле, плавучесть, остойчивость, непотопляемость и качка позволяют судну удерживаться на поверхности воды независимо от процесса его перемещения, тогда как ходкость, управляемость и устойчивость на курсе, как понятие, обуславливаются самим процессом перемещения.

Целью статьи является изучение влияния ограниченности глубины фарватера на такие мореходные качества судна, как его ходкость и остойчивость.

При движении и маневрировании судна по акватории ограниченной глубины характер обтекания корпуса судна изменяется. При этом меняется картина волн, создаваемых судном, угол фронта расходящихся волн возрастает и при скорости, называемой критической скоростью U_k , впереди судна образуется одиночная волна. При скорости судна превышающую критическую $U > U_k$ образуются только расходящиеся волны. Все это приводит к возрастанию сопротивления воды движению судна. И как следствие влияет на такое мореходное качества судна как его ходкость.

Критическую скорость можно определить по формуле:

$$U_k = \frac{\sqrt{g \cdot H}}{0,514}, \text{ узл.} \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

H – глубина акватории, м.

Также при движении и маневрировании судна уровень воды вблизи его корпуса понижается, скорость обтекания увеличивается, что приводит к просадке кормы судна, и во избежание касания дна фарватера приходится снижать скорость движения. Интенсивное волнообразование и увеличение скоростей разрушающе действуют на ложе фарватера, поэтому скорость движения судов на подходных фарватерах (каналах) необходимо ограничивать.

Просадку кормы судна при движении на мелководье можно определить по диаграмме (рис. 1) [1], предложенной Ю.Л.Воробьевым.

Запас глубины фарватера определяется по формуле:

$$\Delta H = H - T, \text{ м.} \quad (2)$$

где H – глубина фарватера, м;

T – осадка судна без хода, м;

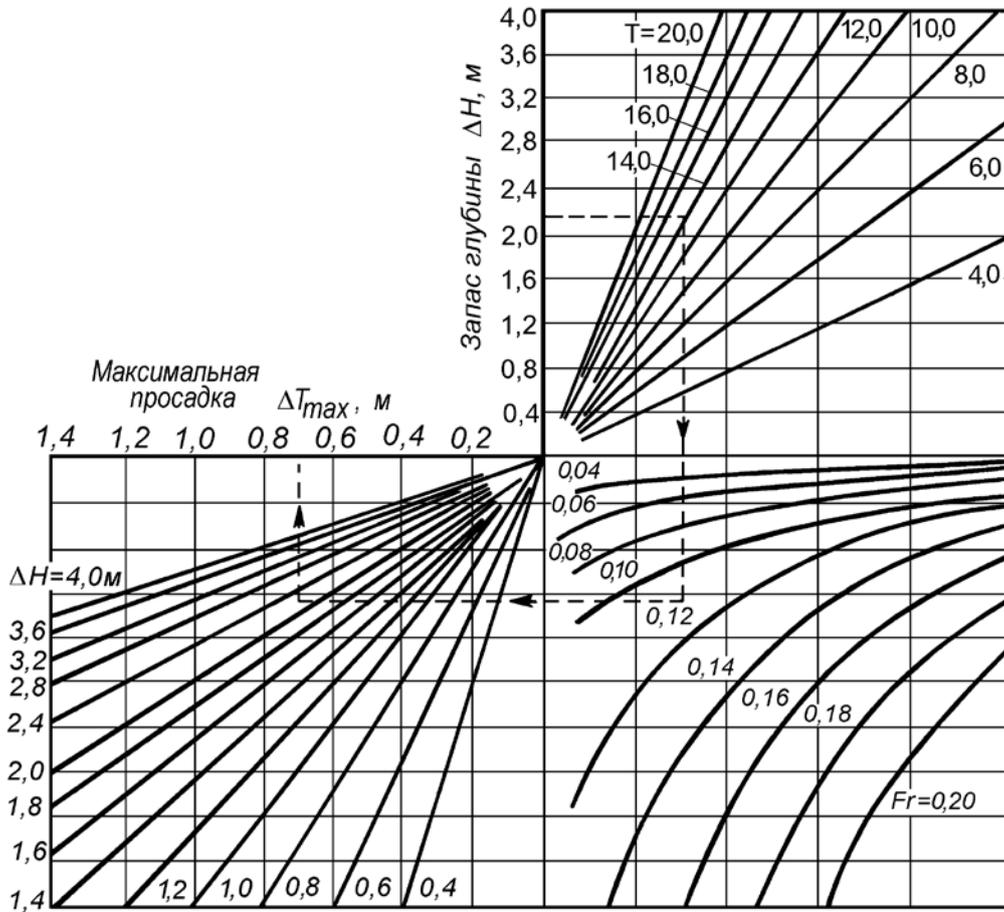


Рис. 1. Диаграмма для определения наибольшей просадки кормы судна на мелководье

Число Фруда по длине судна определяется по формуле:

$$Fr = \frac{0,514 \cdot v}{\sqrt{g \cdot L}}, \quad (3)$$

где v – скорость судна, узл;
 g – ускорение свободного падения, м/с²;
 L – длина судна между перпендикулярами, м.

Когда судно маневрирует на фарватере ограниченной глубины с переложением на некоторый угол рулем, на него действуют следующие силы (рис. 2)

- сила на отклоненном руле P_p , которую можно представить составляющими P_{py} и P_{px} ;

- центробежная сила $P_{ц}$ с составляющими $P_{цy}$ и $P_{цx}$;
- сила, действующая на погруженную часть корпуса R с составляющими R_y и R_x .

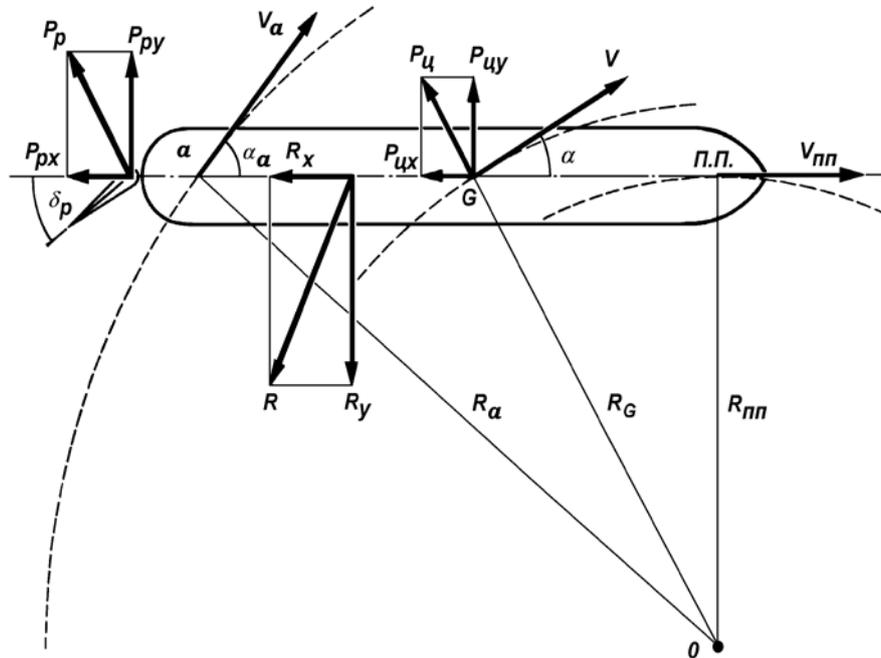


Рис. 2. Силы действующие на судно при маневрировании на переднем ходу

Точка приложения силы R в начальной стадии маневрирования приложена в носовой части судна, но по мере роста угла дрейфа и вследствие неравномерности распределения угла дрейфа по длине судна в полюсе поворота (ПП), смещается в корму за центр тяжести (ЦТ) судна. Кроме того, при маневрировании появляется дополнительная боковая сила на гребном винте, образуемая вследствие его работы в косом потоке из-за вращения судна, а также из-за закручивания струи, отбрасываемой винтом.

Все это может привести к накренению судна во время маневрирования. Угол крена при маневрировании можно определить по формуле:

$$\theta = \frac{0,053 \cdot v^2}{L \cdot h} \cdot \left(z_g - \frac{T}{2} \right), \text{ рад.} \quad (4)$$

- где v – скорость судна, узл;
 L – длина судна между перпендикулярами, м;
 h – поперечная метацентрическая высота, м;
 z_g – аппликата центра тяжести судна, м;
 T – осадка судна, м.

Накренение судна и просадка его кормы во время движения и маневрирования на фарватере ограниченной глубины может привести к касанию корпуса судна о дно фарватера.

Что напрямую повлияет на второе мореходное качество судна – остойчивость.

Пример № 1. Определение критической скорости, просадки кормы судна «спасателя» и крена при его маневрировании, на фарватере ограниченной глубины.

Допустим, что судно, оборудовано винто-рулевыми колонками, и оно может двигаться со скоростью $v_s = 20,00$ узлов. Маневрировать ему приходится на фарватере глубиной $H = 6,00$ м. Это судно обладает такими техническими характеристиками: длиной между перпендикулярами $L = 67,70$ м, шириной борта на миделе $B = 18,20$ м, осадкой $T = 4,00$ м, весовым водоизмещением $\Delta = 3490$ т, с аппликатой центра тяжести $z_g = 6,02$ м, и поперечной метацентрической высотой $h = 4,60$ м.

Критическая скорость для этого судна составит:

$$v_k = \frac{\sqrt{g \cdot H}}{0,514} = \frac{\sqrt{9,81 \cdot 6,00}}{0,514} = 14,93, \text{ узл.}$$

Просадка кормы при движении судна со скоростью $v_s = 10$ узлов, по диаграмме (см. рис. 1) составит: $\Delta T_{\max} = 0,85$ м.

Угол крена при маневрировании составит:

$$\theta = \frac{0,053 \cdot v^2}{L \cdot h} \cdot \left(z_g - \frac{T}{2} \right) = \frac{3,037 \cdot 10,00^2}{67,70 \cdot 4,60} \cdot \left(6,02 - \frac{4,00}{2} \right) = 3,9 \text{ град.}$$

Пример № 2. Определение критической скорости, просадки кормы судна «балкера» и крена при его маневрировании, на фарватере ограниченной глубины.

Допустим, что судно, оборудовано обычным винто-рулевым комплексом, и оно может двигаться со скоростью $v_s = 17,30$ узла. Маневрировать ему приходится на фарватере глубиной $H = 13,50$ м. Это судно обладает такими техническими характеристиками: длиной между перпендикулярами $L = 192,40$ м, шириной борта на миделе $B = 32,00$ м, осадкой $T = 13,00$ м, весовым водоизмещением $\Delta = 60950$ т, с аппликатой центра тяжести $z_g = 10,16$ м, и поперечной метацентрической высотой $h = 1,85$ м.

Критическая скорость для этого судна составит:

$$v_k = \frac{\sqrt{g \cdot H}}{0,514} = \frac{\sqrt{9,81 \cdot 13,50}}{0,514} = 22,39, \text{ узл.}$$

Просадка кормы при движении судна со скоростью $U_s = 12$ узлов, по диаграмме (см. рис. 1) составит: $\Delta T_{\max} = 0,50$ м.

Угол крена при маневрировании составит:

$$\theta = \frac{0,053 \cdot U^2}{L \cdot h} \cdot \left(z_g - \frac{T}{2} \right) = \frac{3,037 \cdot 12,00^2}{192,40 \cdot 1,85} \cdot \left(10,16 - \frac{13,00}{2} \right) = 4,5 \text{ град.}$$

Выводы

1. Расчеты в примере № 1 показывают что судно «спасатель» не может двигаться со скоростью $U_s = 20,00$ узлов, так как эта скорость превышает критическую и это повлияет на его ходкость. Два других неблагоприятных фактора влияющих на его остойчивость не приведут к изменению этого мореходного качества, так как судно имеет запас глубины под килем и не коснется при маневрировании о дно акватории.
2. Расчеты в примере № 2 показывают что судно «балкер» может двигаться со скоростью $U_s = 17,30$ узла, так как эта скорость не превышает критическую и это не влияет на его ходкость. Два других неблагоприятных фактора влияющих на его остойчивость приведут к изменению этого мореходного качества, так как судно имеет очень малый запас глубины под килем и касается при маневрировании о дно акватории и кормовой оконечностью и скулой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сизов В. Г. Теория корабля: Учебн. пособие. – Одесса: Феникс, 2008. – 459 с.
2. Рождественский В.В., Луговский В. В., Борисов Р. В., Мирохин Б. В. Статика корабля: Учебн. пособие. – Л.: Судостроение, 1986. – 240 с.
3. Федяевский К. К Соболев Г. В. Управляемость корабля: Учебн. пособие. – Л.: Судпромгиз, 1963. – 375 с.
4. Муру Н. П. Прикладные задачи плавучести и остойчивости судна. – Ленинград: Судостроение, 1985. – 216 с.
5. Правила классификации и постройки морских судов: В 5 т. //Российский Морской Регистр Судоходства. – 2012.

Рукопись поступила в редакцию 03.05.2013 г.