

УЧЕТ ТРАЕКТОРИИ ЦИРКУЛЯЦИИ СУДНА ПРИ ПЛАВАНИИ НА МЕЛКОВОДЬЕ

Спешилов В.М.,

Херсонский государственный морской институт

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими задачами. Одним из главных требований к транспортному флоту является обеспечение безопасности мореплавания и охраны морской среды. Наибольшее количество аварий при плавании на мелководье связано с посадкой судна на мель, которая нередко сопряжена с загрязнением морской акватории нефтепродуктами из-за утечки судовых запасов горюче-смазочных материалов. Одной из основных причин посадки судна на мель является погрешность прокладки траектории циркуляции судна на карте, которая возникает от того, что на практике траекторию циркуляции наносят без учета влияния мелководья на поворотливость судна.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. В учебнике для вузов «Управление судном» 2004 года издания [1] приводится метод расчета диаметра циркуляции и выдвига траектории циркуляции судна при плавании на мелководье. В учебнике для вузов «Навигация» 1986 года издания [2] разработан способ прокладки на карте экспериментальной траектории циркуляции судна, которая согласно требованиям Циркуляра Комитета по Безопасности Мореплавания ИМО MSC Circ. 644 получена из натуральных испытаний на глубокой воде. Применение этого способа без учета влияния мелководья на поворотливость судна приводит к погрешности прокладки траектории циркуляции судна, величина которой достигает 5-ти кабельтовых, что не допустимо, особенно при плавании в стесненных водах.

Цель статьи. Целью данной статьи является разработка способов прокладки траектории циркуляции с учетом влияния мелководья на поворотливость судна.

Изложение основного материала исследования. Суть способа прокладки траектории циркуляции с учетом влияния мелководья на поворотливость судна сводится к расчету переходных коэффициентов, с помощью которых определяют экспериментально-расчетные параметры траектории циркуляции судна при плавании на мелководье:

$$K_D = \frac{D_{ЭП}}{D_3}, \quad (1)$$

$$K_{L1} = \frac{l_{1ЭП}}{l_3}, \quad (2)$$

где $D_{\text{э}}$ – диаметр циркуляции экспериментальной траектории циркуляции судна;

$D_{\text{эп}}$ – экспериментально-расчетный диаметр циркуляции, величину которого рассчитывают по формуле А.Д.Гофмана:

$$D_{\text{эп}} = \frac{D_{\text{э}}}{1 + 0,1\left(\frac{T}{H}\right) - 0,7\left(\frac{T}{H}\right)^2}, \quad (3)$$

$l_{1\text{э}}$ – выдвиг экспериментальной траектории циркуляции;

$l_{1\text{эп}}$ – экспериментально-расчетный выдвиг траектории циркуляции, величину которого рассчитывают по формуле В.Н.Нестеренко:

$$l_{1\text{эп}} = 2,38L + 0,36 D_{\text{эп}}, \quad (4)$$

где T – осадка судна;

H – глубина моря в районе плавания;

L – длина судна.

Таким образом,

$$K_D = \frac{D_{\text{эп}}}{D_{\text{э}}} = \frac{1}{1 + 0,1\left(\frac{T}{H}\right) - 0,7\left(\frac{T}{H}\right)^2} \quad (5)$$

$$K_{L1} = \frac{l_{1\text{эп}}}{l_{1\text{э}}} = \frac{2,38L + 0,36D_{\text{эп}}}{l_{1\text{э}}}. \quad (6)$$

На рис. 1 представлена диаграмма экспериментальной траектории циркуляции балкера в полном грузу на скорости хода 8,5 узлов при угле перекладки руля 10° , который имеет следующие весовые и линейные характеристики: весовое водоизмещение $D = 30\,000$ т, длина корпуса между перпендикулярами $L = 182,9$ м, средняя осадка $T_{\text{ср}} = 10,3$ м.

Исходя из экспериментальных величин диаметра циркуляции $D_{\text{э}} = 6,7$ кб и выдвиг $l_{1\text{э}} = 4,9$ кб, а также длины $L = 182,9$ м, рассчитывают с помощью формул (5) и (6) коэффициенты K_D и K_{L1} и строят график зависимости этих коэффициентов от соотношения осадки судна и глубины моря (рис. 2).

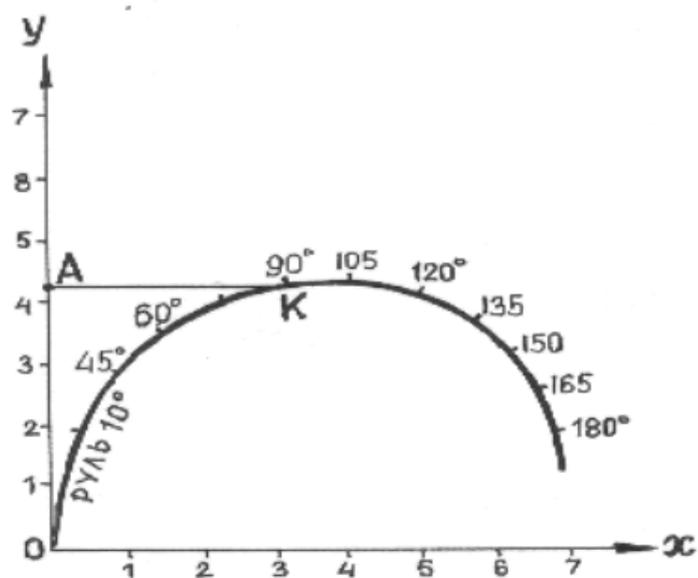


Рисунок 1. Экспериментальная диаграмма циркуляции

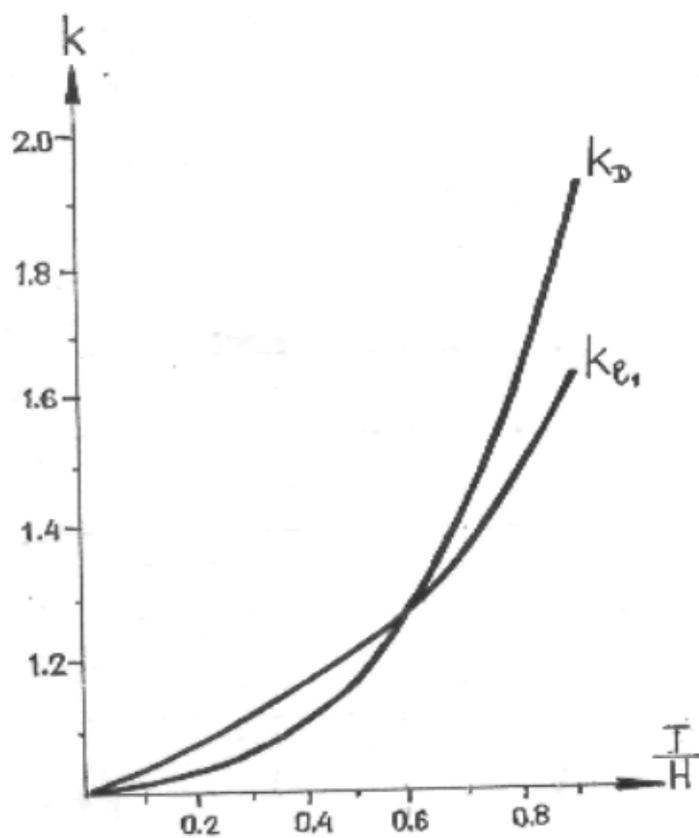


Рисунок 2. График переходных коэффициентов

Анализ графика показывает, что при соотношении $\frac{T}{H} = 0,3$ – величина коэффициентов K_D и K_{Ll} менее 1,05. Поэтому при плавании в районе с глубинами моря, равными трем осадкам судна и более – близость грунта практически не оказывает влияние на поворотливость судна.

Допустим, необходимо нанести на карте траекторию циркуляции судна при повороте судна с начального курса 10° на конечный курс 100° (рис. 3):

1. Рассчитывают угол поворота судна $\alpha = IK_2 - IK_1 = 100^\circ - 10^\circ = 90^\circ$.
2. Из точки «90°» кривой диаграммы циркуляции проводят прямую под углом 90° к оси ординат.
3. Ординату точки «90°»: $Y_{90^\circ\ominus} = 4,3$ кб откладывают в масштабе карты на линии начального курса 10° и получают начальную точку поворота «0».
4. Абсциссу точки «90°»: $X_{90^\circ\ominus} = 3,2$ кб откладывают на линии конечного курса 100° и получают конечную точку поворота «К».
5. Точки «0» и «К» соединяют плавной кривой и получают реальную траекторию циркуляции в районе плавания с глубинами 30 м и более.

Если, например, глубина в районе циркуляции судна 13 метров, то абсциссу и ординату точки «90°» откладывают с учетом коэффициентов K_D и K_{Ll} , которые выбирают по графику на рисунке 2 для $\frac{T}{H} = \frac{10,3}{13} = 0,79$:

$$K_D = 1,6; K_{Ll} = 1,45 \rightarrow X_{90^\circ\ominus P} = X_{90^\circ\ominus} \times K_D = 3,2 \times 1,6 = 5,1 \text{ кб},$$

$$Y_{90^\circ\ominus P} = Y_{90^\circ\ominus} \times K_{Ll} = 4,3 \times 1,45 = 6,2 \text{ кб}.$$

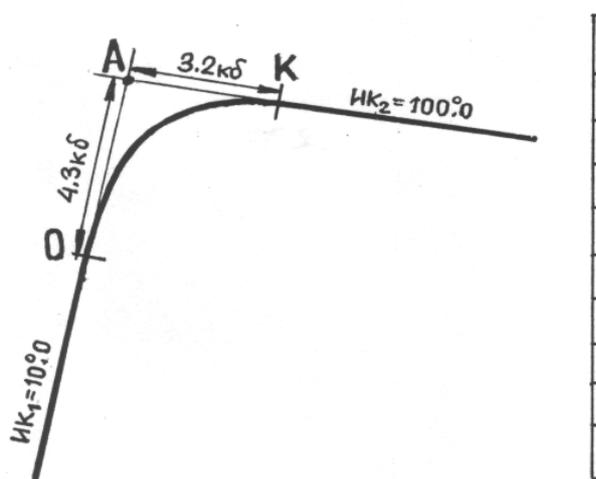


Рисунок 3. Построение траектории циркуляции судна при повороте (с начального курса 10° на конечный курс 100°)

Такой способ прокладки траектории циркуляции на мелководье приемлем в процессе планирования рейса перед выходом судна в море.

Если возникает необходимость прокладки траектории циркуляции на ходу судна, то из-за дефицита времени целесообразно использовать экспериментально-расчетную диаграмму циркуляции судна (рис. 4), на координатных осях которой нанесены шкалы для глубин моря $H=30$ м (глубокая вода), $H=21$ м, $H=15$ м, $H=13$ м и $H=12$ м. Такой спектр глубин обеспечивает равномерное изменение величины переходных коэффициентов с небольшим диапазоном $\approx 0,15$.

Линейный масштаб каждой шкалы определяется с помощью переходных коэффициентов:

$$M_{\text{э}p_x} = \frac{M_{\text{э}}}{K_D}; \quad M_{\text{э}p_y} = \frac{M_{\text{э}}}{K_{L1}}$$

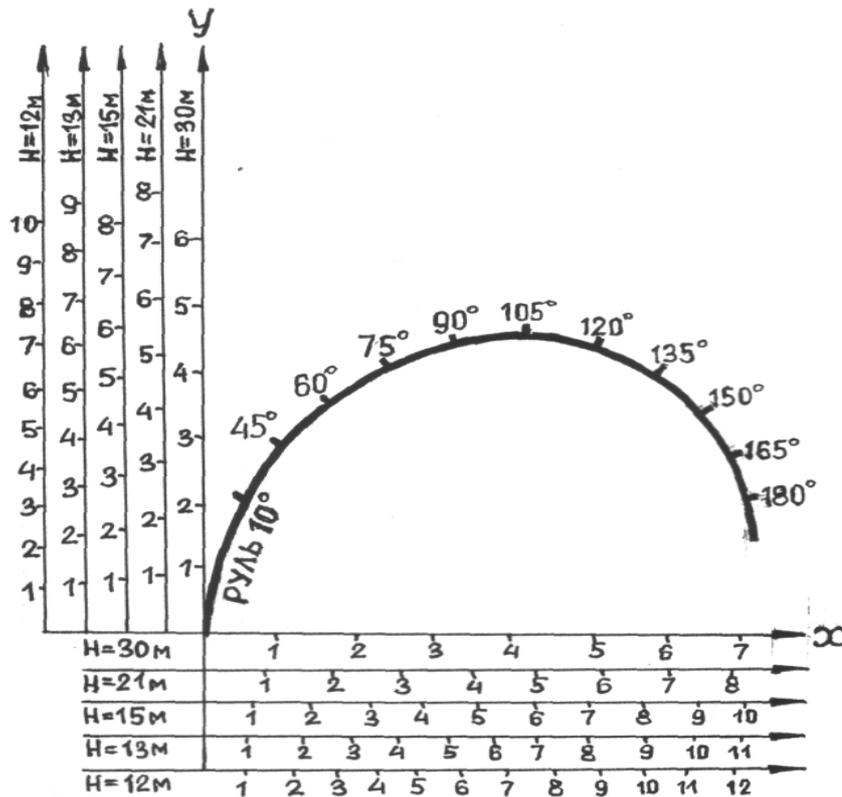


Рисунок 4. Экспериментально-расчетная диаграмма циркуляции

Выводы. Проведенный анализ показал – применение на практике метода прокладки траектории циркуляции судна на карте без учета влияния мелководья на поворотливость судна приводит к значительным погрешностям графического счисления пути судна, так как согласно графику переходных коэффициентов, в зависимости от соотношения осадки судна и

глибини моря $\frac{T}{H}$, елементи циркуляції судна змінюються в діапазоні 15...90 %.

В роботі дані конкретні пропозиції по методикі прокладки на карті траєкторії циркуляції судна з урахуванням мелководдя в процесі планування рейса і пропонується спосіб, який значно скорочує час прокладки цієї траєкторії з достаточною для практики точністю, якщо попередня прокладка шляху судна проводиться в час плавання.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Снопков В.И. Управление судном : учебник для вузов. – 3-е издание, перераб. и доп. – Санкт-Петербург : АНО НПО «Профессионал», 2004. – 536 с.
2. Навигация : учебник [для вузов морск. трансп.] / Лесков М.М., Баранов Ю.К., Гаврюк М.И. – 2-е издание, перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1986. – 360 с.