

УДК 656.61.052; 639.2.081.117.211

Ю. А. Данилов, С. В. Ермаков

Математическое обоснование параметров безопасного пелагического траления в каньоне

Yu. A. Danilov, S. V. Ermakov

Mathematical substantiation of parameters of safe pelagic trawling in the canyon

Аннотация. Предложены и обоснованы параметры безопасного пелагического траления в морском каньоне: допустимое отклонение судна от оптимальной линии пути; минимальная ширина каньона, дающая при существующих условиях возможность обеспечивать безопасность трала; запас ширины каньона на траекторию движения трала при маневрировании вследствие изменения направления оси каньона; отклонение трала от оси каньона при маневрировании вследствие изменения направления этой оси в любой после поворота момент времени; момент времени, когда отклонение трала от оси каньона при маневрировании вследствие изменения направления этой оси достигнет заданной величины.

Abstract. The authors have offered and proved the following security options of pelagic trawling in the sea canyon: the tolerance of the vessel from the optimal track; the minimum width of the canyon giving opportunity for the conditions to ensure the safety of the trawl; margin width of the canyon on the trajectory of the trawl maneuvering due to changes in the direction of the canyon axis; deviation from the axis of the trawl canyon maneuvering owing to changing the axis direction at any time after rotation; time when the deviation of the trawl from the canyon axis while maneuvering owing to changing the axis direction reaches some predetermined value.

Ключевые слова: морской каньон, безопасность промысла, параметры, вероятностная оценка.

Key words: sea canyon, fishing safety, parameters, probabilistic assessment.

Введение

Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденная Указом Президента РФ от 30 января 2010 г. № 120¹, определяет стратегическую цель продовольственной безопасности страны, которая заключается в обеспечении населения продовольствием, сельскохозяйственной, рыбной и иной продукцией из водных биоресурсов. Доктрина в число показателей продовольственной безопасности и национальной конкурентоспособности включает объемы производства рыбной продукции. Таким образом, повышение эффективности работы промысловых судов является стратегической задачей государственного значения.

Понятие "безопасность мореплавания" включает в себя и "безопасность ведения промысла". Согласно Уставу службы на судах рыбопромыслового флота Российской Федерации (ст. 172), вахтенный помощник капитана несет ответственность за безопасность мореплавания, труда людей, сохранность груза и другого имущества, производственную деятельность судна, предотвращение загрязнения морской среды². В число обязанностей вахтенного помощника промыслового судна, по Уставу, входит также обеспечение безопасного ведения промысла (ст. 174).

В настоящее время сырьевая база морского и океанического рыболовства в достаточной степени изучена – капитанам траулеров хорошо известны география распространения гидробионтов, пути миграции, распределение потенциального улова во времени и пространстве. Российские и иностранные рыбодобывающие суда работают практически во всех районах Мирового океана. Однако, по данным Всемирной продовольственной организации (ФАО), мировые запасы рыбы исчерпаны на 70 %. Резкий спад улова наблюдается на одной трети рыбных промыслов во всем мире, причем показатели продолжают неуклонно снижаться [1]. Согласно докладу ФАО "Состояние рыбных ресурсов и рыбного хозяйства в мире", еще в 2007 г. 17 % всех запасов (видов) морских рыб, находящихся под наблюдением ФАО, были подвержены чрезмерному освоению, 7 % – истощены и только 1 % – восстанавливаются в прежней численности [2]. По мнению генерального директора ФАО по вопросам рыбного хозяйства, "человечество достигло предельного уровня добычи рыбы в Мировом океане" [2]. По этой причине капитаны промысловых судов ищут иные

¹ Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации : утв. Указом Президента Рос. Федерации от 30 января 2010 г. № 120 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2010. № 5. Ст. 502.

² Об утверждении Устава службы на судах рыбопромыслового флота Российской Федерации : Приказ Роскомрыболовства от 30 августа 1995 г. № 140 (Зарегистрировано в Минюсте РФ 11.10.1995 № 958) // Рос. вести. 1995. 2 нояб.; 9 нояб.

варианты наполнить трал, чем традиционное пелагическое и донное траление. В число таких вариантов входит траление в морских каньонах.

Допустим, что скопления рыбы в каньонах, так же как происхождение каньонов, связано с постоянным или эпизодическим потоком уплотненных на шельфе вод, обогащенных кислородом. Конусы выноса ниже устья каньонов на материковом склоне косвенно подтверждают наличие потока. Такое допущение приводит к определенным следствиям: течение всегда направлено вдоль каньона вниз по материковому склону; промысловые объекты в каньонах являются обитателями течений и ориентированы течением; в период активизации апвеллинга каньоны становятся наиболее благоприятными зонами для рыбы. Вершины каньонов обычно находятся на глубине в несколько десятков метров.

Очевидно, что тралению в каньонах (особенно в тех, размеры которых соизмеримы с размерами орудий лова) сопутствует повышенная опасность повреждения или утери орудия лова. Очень трудно найти золотую середину между экономической эффективностью и безопасностью траления или, точнее, ту "золотую глубину", которая является предельной для текущих условий траления. Здесь судоводитель вынужден перестраховываться, не заглубляя трал и оставляя в каньоне немалую часть потенциального улова, либо идти на неоправданный риск и терять уже не только улов, но и чрезвычайно дорогое орудие лова. При этом возможности и данные, которые предоставляют судоводителю средства измерения и контроля параметров орудий лова и окружающей его обстановки для оценки безопасности траления, не всегда достаточны для принятия адекватного и обоснованного решения.

Для обеспечения безопасного и эффективного ведения промысла судоводитель промыслового судна должен использовать наиболее полную информацию, в том числе получаемую от приемоиндикаторов глобальных навигационных спутниковых систем, потенциал которых при решении задач промысла практически не исследован.

Допустимое отклонение судна от оптимальной линии пути

Пусть каньон V-образной формы находится на некоторой глубине H_k (на рис. 1 эта глубина равна 100 м), а горизонт хода трала равен H (на рис. 1 – 200 м). Обычно в каньонах сосредоточены те же объекты лова, которые облавливают на шельфе или на переходе шельфа в материковый склон, по существу, это верхняя часть каньона.

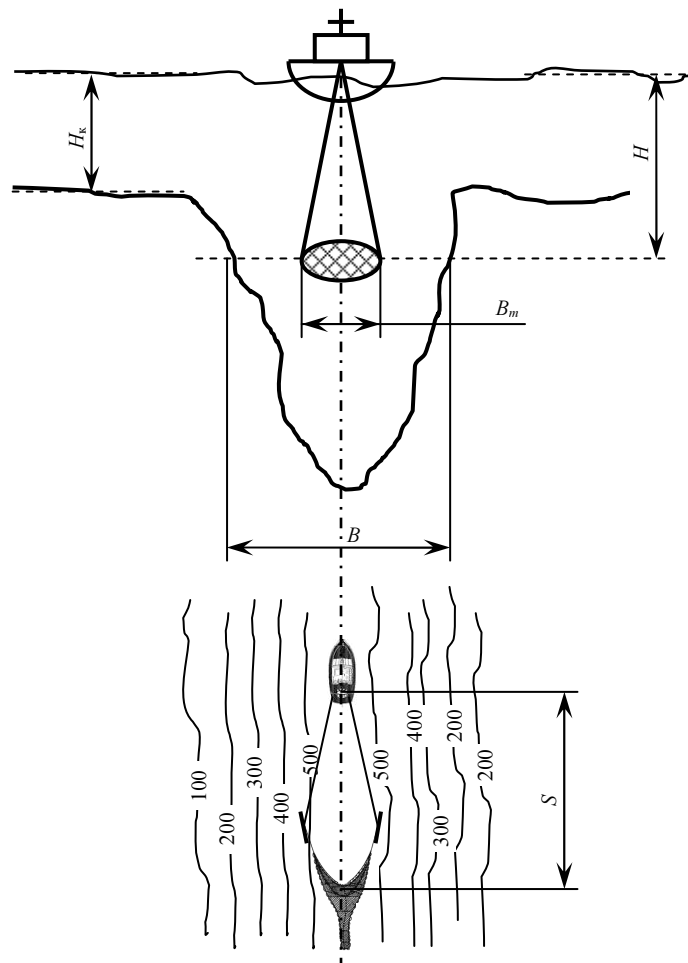


Рис. 1. Пелагическое траление в каньонах

Очевидно, что в целях безопасного промысла трал необходимо удерживать на оси симметрии каньона, а точнее, его горизонтального сечения на глубине H .

Возможное отклонение трала от линии пути судна при движении трала по линии течения определится относительной разностью длины ваеров и в настройке углов атаки траловых досок. Смещение трала от линии пути судна пропорционально различию в длине ваеров и в распорной силе траловых досок [3]. Учитывая растяжимость стального ваера и слабую зависимость C_y траловых досок 1960-х гг. от угла атаки, отклонение трала от линии пути судна не превысит 1-2 % от длины ваеров и 5 % от раскрытия трала. Для реальных глубин и скоростей траления эта величина не превысит 10 м.

Допустимое отклонение судна от оси каньона, имеющего на горизонте хода трала H ширину B , при котором с заданной вероятностью P трал не заденет бортов каньона, будет определяться формулой

$$\Delta = [B - B_m - \sqrt{2M}\Phi^{-1}(2P-1)]/2, \quad (1)$$

где M – радиальная СКП места судна; $\Phi^{-1}(x)$ – обратная функция Лапласа; B_m – ширина полосы движения трала.

При этом ширина полосы движения, которая приближенно равна расстоянию между траловыми досками, описывается выражением [4]

$$B_m = L_r (l_{cp} + l_k) / l_{cp}, \quad (2)$$

где L_r – горизонтальное раскрытие трала (расстояние между точками соединения верхней/нижней и боковых подбор по конструкторской документации); l_{cp} – среднее значение длины верхней и нижней подбор трала; l_k – длина верхнего кабеля.

Тогда вместо формулы (1) можно записать

$$\Delta = [B - L_r (l_{cp} + l_k) / l_{cp} - \sqrt{2M}\Phi^{-1}(2P-1)]/2. \quad (3)$$

На рис. 2 представлена зависимость допустимого отклонения Δ от радиальной СКП места судна при $B = 200$ м, $B_r = 100$ м, $P = 0,995$.

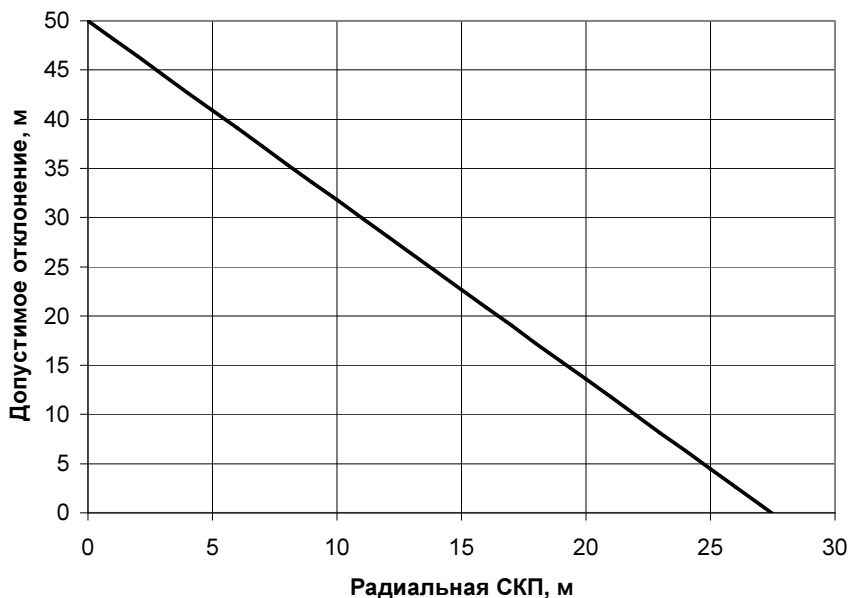


Рис. 2. Зависимость допустимого отклонения от радиальной СКП места судна

Рис. 3 отображает зависимость допустимого отклонения Δ от ширины каньона на горизонте хода трала для $B_r = 100$ м, $P = 0,995$ и трех значений радиальной СКП места судна – 10, 30 и 50 м.

Анализируя рис. 2 и 3, приходим к вполне очевидному выводу: чем точнее определяется место судна, тем более узкие каньоны (а для каньонов V-образной формы – большие глубины) могут быть обловлены рыбопромысловым судном. Это означает, что использование при тралениях в каньонах систем спутниковой навигации GPS и ГЛОНАСС, посредством которых место судна определяется с высокой точностью, делает промысел в районах с каньонами более эффективным.

Кроме того, возможности приемоиндикаторов ГНСС позволяют частично автоматизировать удержание судна на оси каньона. Для этого необходимо по характерным точкам оси каньона задать маршрут движения, допустимое отклонение от оси каньона, сигнальное расстояние подхода к очередной маршрутной точке и включить задачу расчета движения по маршруту (фарватеру).

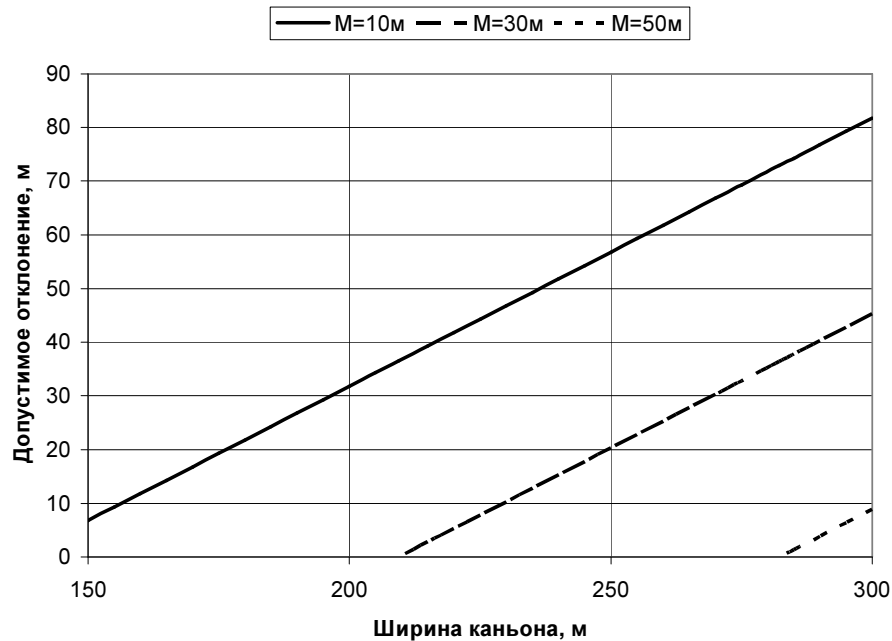


Рис. 3. Зависимость допустимого отклонения от ширины каньона

В случае отклонения от оси каньона на величину больше заданного допустимого значения, а также при приближении к маршрутной точке (точке поворота) на величину меньше заданного расстояния сработает звуковая и световая сигнализация.

Обеспечение безопасности траления при изменении ширины каньона на горизонте хода трала

Специфика рельефа морских подводных каньонов такова, что при тралении на одном горизонте (на одной глубине) ширина каньона может изменяться. Возникает вопрос – какова минимальная ширина каньона, дающая при существующих условиях возможность обеспечивать безопасность трала. Для решения задачи определения этой минимальной ширины из формулы (1), заменив Δ на минимальную величину отклонения Δ_{\min} , которую можно постоянно обеспечивать при существующих условиях плавания и траления, выразим B_{\min} :

$$B_{\min} = 2\Delta_{\min} + B_r + \sqrt{2}M\Phi^{-1}(2P-1). \tag{4}$$

Так, если при заданных условиях плавания судоводитель может обеспечить минимальную величину отклонения, равную 10 м, среднеквадратическая погрешность определения места судна составляет также 10 м, ширина полосы движения трала равна 100 м, то для вероятности 0,995 допустимая ширина каньона будет равна 156,2 м.

При сужении каньона на горизонте хода трала до величины B_{\min} необходимо поднять трал до горизонта, ширина каньона на котором больше минимальной.

Обеспечение безопасности траления при необходимости маневрирования вследствие изменения направления оси каньона

Протяженные каньоны редко имеют строго прямолинейный характер; возможно слияние нескольких каньонов. Таким образом, судно с тралом, находящимся в каньоне, вынуждено в процессе траления маневрировать курсом, чтобы удержать трал на оси каньона. При движении судна переменными курсами буксируемый трал не повторяет траекторию движения судна, а движется по некоторой сложной кривой линии, постепенно приближаясь к линии движения судна.

Примем допущение, что судно мгновенно повернуло на некоторый угол ψ , а затем движется прямолинейно, характерной точкой судна считаем точку подвеса ваеров, характерной точкой трала считаем

середины расстояния между траловыми досками. Горизонтальную проекцию отрезка, соединяющего характерные точки, принято считать базой буксировки.

В некоторый момент база буксировки AB образует с траекторией судна угол γ (рис. 4), перпендикуляры к направлениям скоростей характерных точек A и B в пересечении дают мгновенный центр скоростей C базы буксировки AB .

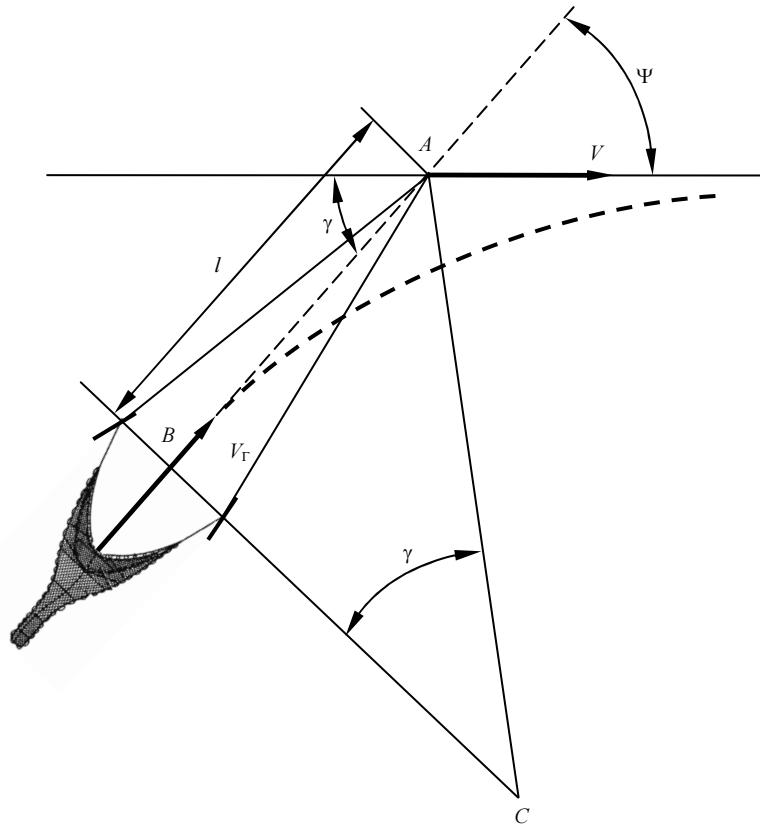


Рис. 4. Траектория движения трала при повороте судна на новый курс

При заданном движении точки A базы буксировки траекторию движения точки B описывает трактриса – линия влечения; линия буксировки является касательной к трактрисе:

$$\operatorname{tg}(\gamma/2) = e^{-S/l} \operatorname{tg}(\psi/2), \quad (5)$$

где S – путь судна за промежуток времени t при скорости траления v .

Таким образом, при маневрировании промыслового судна в каньоне трал, следуя по трактрисе, будет отклоняться от линии пути судна, смещаясь от нее (точнее, от оси каньона) на некоторую переменную величину в сторону поворота. Следовательно, минимальной ширины каньона B_{\min} может не хватить, что приведет к касанию трала борта каньона. Во избежание этого необходимо предусмотреть некоторый запас ширины каньона на траекторию движения трала, который зависит от максимального отклонения b трала от линии пути судна (рис. 5), или уменьшить (если это возможно) на величину b допустимое отклонение судна со стороны поворота, определяемое формулами (1) и (3).

Для обоснования этого запаса воспользуемся не уравнением (5), а параметрическими уравнениями в декартовой системе координат, которые для одной ветви имеют вид [5]

$$x = l(\ln \operatorname{tg}(t/2) + \cos t), \quad (6)$$

$$y = l \sin t. \quad (7)$$

При этом ось ординат совпадает с линией пути судна до поворота, ось абсцисс – после поворота. Начало координат (точка O) совпадает с точкой поворота судна. Параметр t по своей сути является текущим углом γ между линией пути судна и направлением на трал.

Однако эти уравнения пригодны для исследования трактрисы как траектории движения трала только в случае поворота судна на 90° (пунктирная кривая на рис. 6). Для универсализации уравнений (6) и (7) в отношении различных углов поворота необходимо использовать криволинейную систему координат

$x'Oy'$ (рис. 6), где ось y' повернута относительно горизонтального направления (совпадающих осей x и x') на угол изменения курса ψ .

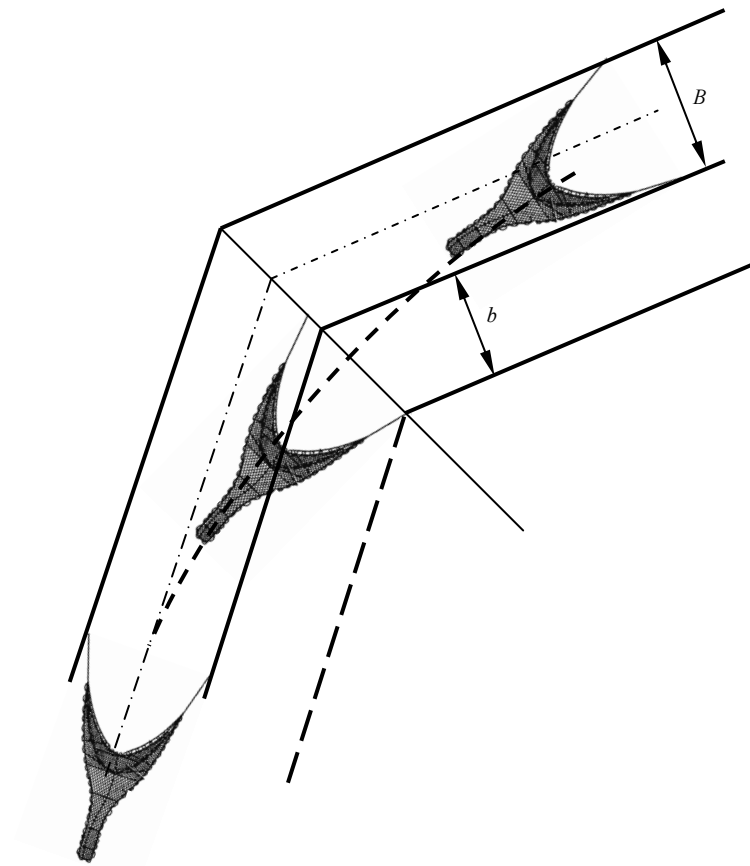


Рис. 5. Траектория движения троса в искривленном каньоне

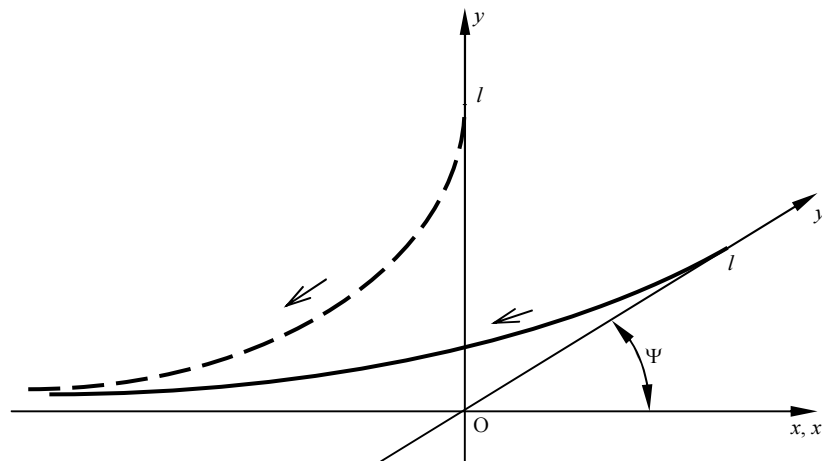


Рис. 6. Трактриса в прямоугольной и косоугольной система координат

По отношению к этой системе координат уравнения трактрисы не изменятся, изменится только внешний вид кривой (рис. 5), которая в декартовой прямоугольной системе координат будет определяться уравнениями [6]:

$$x = x' + y' \cos \psi = l (\ln \operatorname{tg} (t/2) + \cos t + \sin t \cos \psi), \quad (8)$$

$$y = y' \sin \psi = l \sin t \sin \psi. \quad (9)$$

При этом угол γ будет связан с параметром t следующим образом:

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{y'}{x'} = \operatorname{arctg} \frac{y \sin \psi}{x + y \cos \psi} = \operatorname{arctg} \frac{(y/x) \sin \psi}{1 + (y/x) \cos \psi} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} t \sin \psi}{1 + \operatorname{tg} t \cos \psi}. \quad (10)$$

И наоборот:

$$t = \operatorname{arctg} \left[\operatorname{tg} \gamma / (\sin \psi - \operatorname{tg} \gamma \cos \psi) \right]. \quad (11)$$

Очевидно, что при $\psi = 90^\circ$ имеем $t = \gamma$.

Используя последнее выражение, в формулах (8) и (9) можно перейти от абстрактного параметра t к параметру γ , который является не чем иным, как мгновенным значением угла места траля в горизонтальной плоскости, или курсовым углом траля (точнее, его дополнением до 180°):

$$x' = l \left(\ln \operatorname{tg} \left\{ 0,5 \operatorname{arctg} \left[\operatorname{tg} \gamma / (\sin \psi - \operatorname{tg} \gamma \cos \psi) \right] \right\} + \cos \left\{ \operatorname{arctg} \left[\operatorname{tg} \gamma / (\sin \psi - \operatorname{tg} \gamma \cos \psi) \right] \right\} \right), \quad (12)$$

$$y' = l \sin \left\{ \operatorname{arctg} \left[\operatorname{tg} \gamma / (\sin \psi - \operatorname{tg} \gamma \cos \psi) \right] \right\}, \quad (13)$$

$$x = l \left(\ln \operatorname{tg} \frac{1}{2} \left\{ \operatorname{arctg} \left[\operatorname{tg} \gamma / (\sin \psi - \operatorname{tg} \gamma \cos \psi) \right] \right\} + \cos \left\{ \operatorname{arctg} \left[\operatorname{tg} \gamma / (\sin \psi - \operatorname{tg} \gamma \cos \psi) \right] \right\} + \right. \\ \left. + \sin \left\{ \operatorname{arctg} \left[\operatorname{tg} \gamma / (\sin \psi - \operatorname{tg} \gamma \cos \psi) \right] \right\} \cos \psi \right), \quad (14)$$

$$y = l \sin \left\{ \operatorname{arctg} \left[\operatorname{tg} \gamma / (\sin \psi - \operatorname{tg} \gamma \cos \psi) \right] \right\} \sin \psi. \quad (15)$$

Максимальное отклонение траектории траля от траектории движения судна по оси каньона будет наблюдаться в точке трактрисы, для которой абсолютные величины абсциссы и ординаты в криволинейной системе координат равны (рис. 7). Для определения величины параметра t , при котором последнее условие равенства выполняется, необходимо приравнять правые части уравнений (6) и (7), учитывая при этом, что абсциссы и ординаты левой ветви трактрисы отличаются знаком.

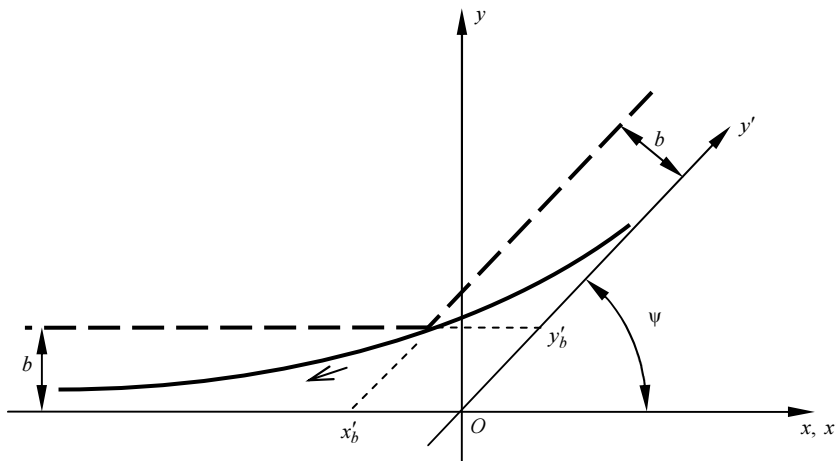


Рис. 7. К расчету величины отклонения траектории траля от траектории судна (от оси каньона)

В итоге получим

$$\ln \operatorname{tg} \frac{t}{2} + \cos t = -\sin t. \quad (16)$$

Находим решение этого уравнения: $t_{\text{кр}} = 28,8^\circ$.

Тогда по формуле (9) можно определить значение b максимального отклонения траля от оси каньона:

$$b = l \sin 22,8^\circ \sin \psi \approx 0,388l \sin \psi. \quad (17)$$

Таким образом, при повороте судна с тралем в каньоне (при условии следования судна по оси каньона) со стороны поворота каньон должен иметь запас по ширине, определяемый формулой (17), или

на эту величину необходимо уменьшить допустимое отклонение судна от линии пути. Очевидно, что при этом условии безопасного траления при повороте судна в каньоне будет определяться неравенством

$$\Delta - \Delta_{\min} > b. \tag{18}$$

Графически формула (17) представлена на рис. 8 несколькими кривыми, соответствующими различным значениям l .

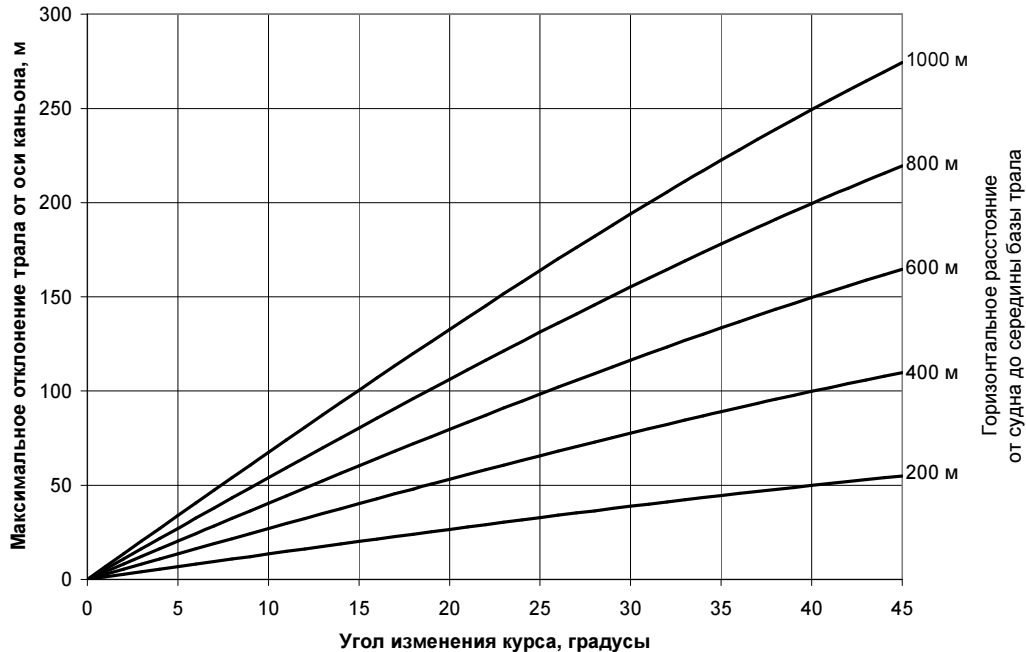


Рис. 8. Максимальное отклонение трала от оси каньона при маневрировании

Так, если горизонтальное расстояние от судна до трала (до середины его базы) равно 550 м, то при изменении курса судна на 17° трал при движении по трактрисе сместится от оси каньона максимум на 62,4 м.

Однако если в формулу (4) для минимальной ширины каньона ввести запас, определяемый выражением (17), то при следовании судна и трала по оси каньона со стороны поворота фактический запас будет равен только половине максимального отклонения b . Следовательно, минимальную ширину каньона необходимо увеличить на значение, которое будет определяться формулой

$$\Delta B_{\text{пов}} = 2b = 2l \sin 22,8^\circ \sin \psi \approx 0,776l \sin \psi. \tag{19}$$

Для определения величины отклонения трала от оси каньона воспользуемся еще одной формулой из курса математики, а именно формулой, которая дает возможность определить длину дуги трактрисы от точки (0; a):

$$s = -a \ln \sin t. \tag{20}$$

Выразив из формулы (9) $\sin t$, подставив это выражение в формулу (20) и перейдя от u к $b_{\text{тек}}$ и от a к l , получим

$$s = -l \ln \frac{b_{\text{тек}}}{l \sin \psi}. \tag{21}$$

Левая сторона формулы (21) есть не что иное, как путь, пройденный судном с момента поворота до момента, когда отклонение трала составит $b_{\text{тек}}$, следовательно,

$$v\tau = -l \ln \frac{b_{\text{тек}}}{l \sin \psi},$$

откуда

$$\tau = -\frac{l}{v} \ln \frac{b_{\text{тек}}}{l \sin \psi} \tag{22}$$

или

$$b_{\text{тек}} = l \sin \psi \exp \left[-\frac{v\tau}{l} \right]. \quad (23)$$

Формулы (22) и (23) позволяют определить отклонение трала от оси каньона в любой после поворота момент времени и спрогнозировать момент, когда отклонение достигнет определенной величины.

Все рассуждения, приведенные для обоснования запаса ширины каньона на траекторию движения трала, основаны в числе прочего и на допущении, что при движении трала по трактрисе его база в любой момент времени перпендикулярна касательной к этой кривой, а все точки трала движутся по трактрисе. Вместе с тем траловые доски в общем случае идут с различными скоростями, при этом различие скоростей на повороте пропорционально различию их радиусов поворота. Если в первом приближении радиус поворота судна с тралом больше длины тралового комплекса (суммарной длины судна, ваеров, кабелей и трала), т. е. выполняется условие исключения заверта трала, различие скоростей траловых досок может составлять порядка 10 %. В результате внешняя доска обладает большей распорной силой и большим сопротивлением, чем внутренняя. Внешняя доска ускоряет выход трала на линию пути судна. Различие в гидродинамических силах досок приводит к крену и перекосу трала. Кроме того, исследование движения трала по трактрисе относится к периоду эксплуатации донных тралов, для которых траловые доски находятся всегда на одной глубине, гидродинамические характеристики досок C_y не превышают 1,3, настройка траловых досок на угол атаки, близкий к максимуму, может приводить к тому, что доски работают примерно на одинаковых углах атаки. Однако гидродинамические C_y траловых досок разноглубинных тралов в два-три раза больше, чем донных, и различие в гидродинамических силах может оказаться очень большим, особенно если трал движется не по линии течения воды в каньоне. Погрешность, возникающая при использовании для исследования характера движения трала в процессе маневрирования судна трактрисы, в любом случае не уменьшает вероятность безопасного прохождения трала изгиба каньона.

Заключение

Предложенные в статье расчеты параметров безопасного пелагического траления в каньоне позволяют судоводителю спрогнозировать и спланировать допустимую глубину погружения трала, оценить безопасность траления на ближайший будущий период, в том числе и при маневрировании судна в каньоне из-за изменения его направления.

Эти параметры могут быть использованы при построении системы поддержки принятия решения судоводителем рыболовного судна, а также в процессе создания дополнительного промыслового программного обеспечения для электронных картографических навигационно-информационных систем (ЭКНИС).

Библиографический список

1. Фартушная А. Океан смерти. Время есть рыбу прошло, наступает время ее разводить [Электронный ресурс] // Вокруг света. 2006. 11 дек. URL: <http://www.vokrugsveta.ru/telegraph/theory/188/>.
2. Курос Д. Обеспокоенность состоянием морских рыбных ресурсов [Электронный ресурс] // Новости ФАО. 2007. 5 марта. URL: <http://www.fao.org/newsroom/ru/news/2007/1000505/index.html>.
3. Кондратьев В. П. Моделирование орудий промышленного рыболовства методом механической аналогии. М. : Пищевая промышленность, 1973. 152 с.
4. Данилов Ю. А. Промысловое судовождение : учеб. пособие. М. : Моркнига, 2011. 464 с.
5. Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике. М. : Наука, 1977. 822 с.
6. Мусхелишвили Н. И. Курс аналитической геометрии. М. : МГУ, 1967. 655 с.

References

1. Fartushnaya A. Okean smerti. Vremya est rybu proshlo, nastupaet vremya ee razvodit [Ocean death. Time to eat fish passed, it's time to breed her] [Elektronnyiy resurs] // Vokrug sveta. 2006. 11 dek. URL: <http://www.vokrugsveta.ru/telegraph/theory/188/>.
2. Kuros D. Obespokoennost sostoyaniem morskikh rybnyh resursov [Concerns on state of marine fishery resources] [Elektronnyi resurs] // Novosti FAO. 2007. 5 marta. URL: <http://www.fao.org/newsroom/ru/news/2007/1000505/index.html>.
3. Kondratev V. P. Modelirovanie orudiy promyshlennogo rybolovstva metodom mehanicheskoy analogii [Modeling tools of industrial fishing by mechanical analogy]. M. : Pischevaya promyshlennost, 1973. 152 p.
4. Danilov Yu. A. Promyslovoe sudovozhdenie : ucheb. posobie. M. : Morkniga, 2011. 464 p.
5. Vygodsky M. Ya. Spravochnik po vysshey matematike [Handbook of higher mathematics]. M. : Nauka, 1977. 822 p.
6. Mushelishvili N. I. Kurs analiticheskoy geometrii [Course of analytical geometry]. M. : MGU, 1967. 655 p.

Сведения об авторах

Данилов Юрий Аронович – Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота ФГБОУ ВПО "Калининградский государственный технический университет", кафедра судовождения, канд. техн. наук, доцент; e-mail: yureydanilov@yandex.ru

Danilov Yu. A. – Baltic Fishing Fleet State Academy FSEI HPE "Kaliningrad State Technical University", Navigation Department, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor; e-mail: yureydanilov@yandex.ru

Ермаков Сергей Владимирович – Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота ФГБОУ ВПО "Калининградский государственный технический университет", кафедра судовождения, ст. преподаватель; e-mail: esv.klgd@mail.ru

Ermakov S. V. – Baltic Fishing Fleet State Academy FSEI HPE "Kaliningrad State Technical University", Navigation Department, Senior Lecturer; e-mail: esv.klgd@mail.ru