
formation of the zone of dangerous encounters.

Keywords: navigation marine vessel safety, optimal control, maritime safety, accidents in maritime transport.

УДК 629

Масленников А.А.

ЯВЛЕНИЕ ЗАВЕРТА ТРАЛА И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМ

В статье проведен анализ исследований, в которых описывается явление заверта трала. Результатом проявления заверта становится повреждение тралов и их оснастки, а следовательно увеличение непроизводительных затрат и снижение эффективности промысла. В статье рассмотрены особенности конструкции и назначение распорных траловых досок. Определены условия, при которых возникает явление авторотации траловых досок, приводящее к потере распорными досками поперечной устойчивости.

Ключевые слова: ваер, траловая доска, распорная сила, угол атаки.

Введение. Значительная часть добычи рыбы в мире осуществляется при помощи тралового лова, на долю которого приходится до 70% выловленных морепродуктов. Повышение эффективности добычи рыбы должно идти по пути совершенствования техники промысла. Научно-техническая реализация прицельного траления является существенной предпосылкой для увеличения эффективности тралового лова [1].

Постановка проблемы. Одним из аспектов снижения эффективности добычи рыбы являются непроизводительные затраты, связанные с потерей и повреждением тралов и их оснастки. Эта проблема описывается как капитанами промысловых судов, так и многими учеными, и является последствием заверта трала в некоторых нестационарных режимах работы последнего. Но, в то же самое время, проблема борьбы с заворотом трала, поднятая еще в 60-е годы прошлого столетия, не нашла адекватного решения в судовождении.

Литературный обзор. Большую роль в деле практического освоения пелагического тралового лова [2] сыграли теоретические и экспериментальные работы Н.И. Алексева, Ф.И. Баранова, А.В. Засосова, В.П. Кондратьева, Е.А. Лебедева, В.Н. Лукашова, Н.А. Ляпина, И.Р. Матросова, В.В. Севастьянова, И.Г. Смыслова, А.Л. Фридмана и многих других. Ученые и практики рассматривают реальные ситуации, при которых возникает заворот трала, пытаются объяснить это явление и предлагают различные варианты предотвращения этого явления.

Таким образом, **целью** данной статьи является анализ литературных источников, в которых затрагивается поставленная проблема, с последующим определением направления исследований в данной области судовождения.

Основная часть. Для успешной работы в толще воды необходимо учитывать ряд факторов, определяющих точность наведения орудия лова на скопление или косяк рыбы. Для «правильного» расположения трала его оснащают гидродинамическими приспособлениями – распорными траловыми досками, создающими необходимую распорную силу, от величины и действия которой зависит раскрытие трала и затрачиваемое на спуск – подъем трала время, а также степень его аварийности и износа. На разноглубинный трал действует сложная система сил. Равнодействующая этих сил расположена под некоторым углом к горизонту.

При постоянной скорости система сил будет находиться в равновесии, и трал будет двигаться на постоянной глубине [3]. С изменением скорости движения трала равновесие сил нарушается, и трал всплывает или погружается. Углубляющая сила траловых досок при изменении скорости изменяется пропорционально силам сопротивления, а, следовательно, угол наклона ваеров остается неизменным. В общем случае распорная доска представляет собой щит, поставленный под углом к движению. Давление воды на щит разделяется на две взаимно перпендикулярные силы: одна действует против движения и обуславливает сопротивление доски движению, называемое гидродинамическим сопротивлением доски. Вторая действует поперек движения, заставляет доски расходиться в стороны (левую – влево, правую – вправо) и называется распорной; она растягивает трал в горизонтальном направлении. Существует большое количество разных типов и конструкций распорных траловых досок [4]. Наиболее часто на траловом флоте применяют прямоугольные траловые доски как самые простые в изготовлении, но также используются овальные, круглые, треугольные, или стреловидные и др. При конструировании распорных досок стремятся достичь большой распорной силы, которая определяется коэффициентом распорной силы C_y . Этот коэффициент зависит от конструкции досок и от угла их атаки (δ), т.е. от их положения по отношению к течению. Если угол атаки и равен нулю, т. е. доска расположена вдоль по течению, то коэффициент распорной силы $C_y = 0$ и никакой распорной силой доска не обладает. Чем больше этот угол, тем больше коэффициент распорной силы, но лишь до достижения некоторого угла, называемого критическим. После достижения критического угла распорная сила начинает уменьшаться, а при угле $\alpha = 90^\circ$ коэффициент распорной силы C_y опять становится равным нулю [5]. Оптимальный угол атаки может быть подобран или рассчитан на основании материалов аэродинамических продувок моделей досок или данных натурных испытаний готовых досок. Глубокие исследования работы траловых досок проведены И.Р. Матросовым [6 – 7]. В его работах показано, что резкое падение кривой коэффициента распорной силы $C_y = f(\alpha)$ у прямоугольной траловой доски и у овальной одноцелевой доски после достижения ими $C_{y_{max}}$ может быть вызвано внезапно наступающим срывом потока у этих досок на закритических углах атаки. На практике срыв потока никогда не возникает одновременно на обоих концах доски. На одном из них срыв возникает на несколько мгновений раньше, чем на другом. Это создает благоприятные условия для самовращения досок. Таким образом, причина самовращения траловой доски заключается в одностороннем или неравномерном срыве потока с задней стороны доски, наступающем на закритических углах ее атаки. Пусть доска движется с линейной скоростью V (рис. 1). Предположим, что под влиянием какой-то внешней причины траловая доска накренилась влево по стрелке A , при этом верхняя часть доски получила дополнительную поперечную скорость W влево, а нижняя часть доски – поперечную скорость W вправо. Истинные скорости движения верхней и нижней частей доски, которые являются равнодействующими скоростей V и W , обозначим через $V_{уст}$. Из рис. 1 видно, что истинный угол атаки $\alpha_{уст}$ на верхней части доски уменьшится и станет равным, например 35° , а на нижней, наоборот, увеличится, например до 39° , то есть станет больше критического. Согласно И.Р. Матросову, явление авторотации является наиболее частой причиной завертов трала.

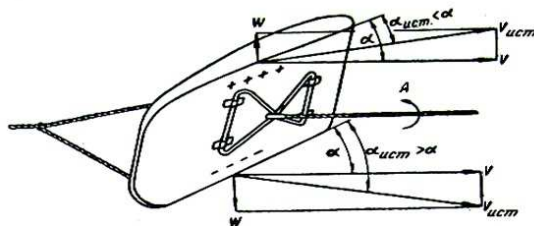


Рис. 1. Схема скоростей траловой доски

Под «завертом» трала понимается аварийная ситуация с пересечением ваеров и последующим их спутыванием в результате потери распорными досками поперечной устойчивости при работе на закритических углах атаки. Во избежание этой ситуации, надо следить за тем, чтобы траловые доски работали на углах атаки несколько меньших критического. В этом случае, при накрении, доски всегда возникает восстанавливающий момент способствующий выравниванию крена.

Также в научной литературе описываются режимы, при которых явление заверта трала возникает при быстром повороте траулера на 180°. Так, согласно В. М. Кузнецову [8], при повороте судна на обратный курс необходимо контролировать положение трала, так как судно близко подходит к тралу, а возможно и проходит через него. При повороте судна провисает тот ваер, в направлении которого делается поворот. Он провисает из-за слабину, потому что доска, к которой закреплен второй ваер, во время поворота проходит путь больший, чем доска, в направлении которой делается поворот.

Н.А. Ляпин в работе [9] теоретически рассматривает процессы, происходящие при повороте судна с тралом (рис. 2).

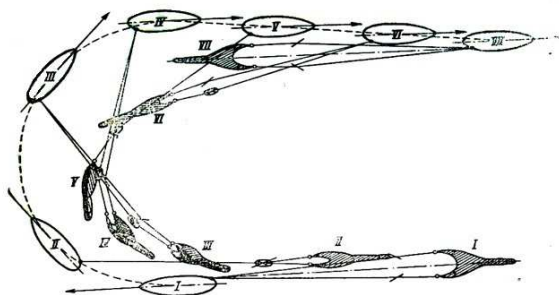


Рис. 2. Траектория движения трала при циркуляции судна

При повороте траулера на обратный курс, например, вправо, большую нагрузку будет испытывать левый ваер, правый же получит слабину, провиснет и под влиянием сопротивления воды начнет отклоняться назад под левый ваер. Во всех случаях завертов при поворотах траулера доска ваера со стороны противоположной повороту находится над доской ваера, получающего слабину. В этот момент и может произойти переворачивание трала, его заверт. Затем доска нагруженного ваера переходит над ненагруженной, и ваера получают некоторый распор, причем ваер по борту поворота оказывается ниже второго ваера. Далее траулер выходит на обратный курс и начинает вытягивание ваеров и трала. В этот момент не следует допускать снижения скорости, а по возможности надо ее увеличить, так как ваера довольно быстро приближаются к корпусу судна. Можно предположить, что траулер перемещается по какой-то равнодействующей под действием натяжения ваеров и работы собственной машины в сторону трала. Ваера выравниваются, сходятся вместе, трутся один о другой, и в это время происходят заверты трала вследствие того, что доска «нагруженного» ваера из-за недостаточной скорости не успевает перейти на свою сторону через вторую доску и тонет. В случае достаточной скорости натяжение между ваерами постепенно уравнивается, натяжение ненагруженного ваера передается на доску, которая приобретает угол атаки к встречному потоку и занимает свое место.

В.П. Кондратьев в статье о «Влияние разницы в длине ваеров на горизонтальное раскрытие трала» [10] рассматривает процессы, происходящие при различной длине вытравленных ваеров. При детальном рассмотрении те или иные последствия этой разницы приводят к перекосу – несимметрии трала. При различной длине ваеров их наклон в направлении движения неодинаков: более длинный ваер наклонен под большим углом, чем короткий. Так как траловые доски отстают одна от другой, их распорные усилия действуют в горизонтальной плоскости не по одной прямой. Трал отклоняется от диаметральной плоскости судна в сторону длинного ваера. Если трал идет в толще воды, то аналогичная картина может наблюдаться и в вертикальной плоскости. Двигаясь на разной глубине,

траловые доски будут создавать распорные усилия, действующие в разных плоскостях, и трал перекоится в вертикальной плоскости. При значительной разнице в длине вытравленных ваеров появится опасность заверта трала.

Результаты рассмотренных исследований позволяют сделать вывод, что во всех ситуациях нестационарное движение траловой системы при повороте судна приводит к проявлению слабины в ваерах, их провисанию и последующему возможному пересечению. Своевременный контроль над натяжением ваера, по нашему мнению, позволит обеспечить устойчивую работу трала, а, следовательно, позволит уменьшить количество или исключить неудачные траления.

В настоящее время судоводители промысловых судов активно используют способ выравнивания трала при повороте судна, при котором во время совершения маневра судна производится выборка «внутреннего» ваера. Величина выборки определяется интуитивно, т.к. отсутствуют алгоритмы и методы по ее определению в зависимости от скорости судна, радиуса циркуляции и других факторов.

Взаимосвязь между траекториями движения судна и трала в процессе выполнения различных маневров может быть выявлена с помощью аналитических и экспериментальных методов. Для своевременного контроля над ваерами специалисту необходимо иметь достаточно простые алгоритмы, которые могут быть реализованы в практике управления судном.

Это требование влечет за собой необходимость углубленного изучения нестационарных режимов движения траловой системы, т.к. только полное и всестороннее изучение влияния различных факторов на движение системы, позволит свести задачу к достаточно простым алгоритмам, а, следовательно, будет благоприятствовать эффективности промышленного рыболовства.

Выводы. Явление заверта трала в результате потери распорными досками поперечной устойчивости при их авторотации или при циркуляции судна приводит к повреждению тралов и их оснастки. Для устранения таких непроизводительных затрат, вызывающих снижение эффективности добычи рыбы, необходимо более подробно изучить методы управления элементами тягового комплекса, которые позволят судоводителям избежать возникновения этого явления путем своевременной выборки слабины ваеров. Для решения задачи построения системы управления, обеспечивающей устойчивость трала при различных нестационарных режимах движения последнего необходима разработка соответствующей математической модели процесса управления и алгоритма поиска оптимального решения по управлению ваерами, что должно стать направлением дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голиков С.П. Математическое моделирование элементов тралового комплекса [Текст] / С.П. Голиков, Н.В. Ивановский, С.Г. Чёрный, Н.П. Сметюх, О.С. Скидан // Водный транспорт. Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевіча-Сагайдачного. К. : КДАВТ. – 2013. – №2(17). – С. 181-190.
2. Трещев А.И. Некоторые итоги научных исследований по совершенствованию техники рыболовства [Текст] / А.И. Трещев // Техника промышленного рыболовства и сетеснастное хозяйство. – М. : ВНИРО – 1962г. – Т. XLVII – 27с.
3. Войниканис-Мирский В.Н. Техника промышленного рыболовства: В 2-х частях [Текст] / В. Н. Войниканис-Мирский. – М. : Пищевая промышленность, 1968. – Ч. 1 – 192 с.
4. Войниканис-Мирский В.Н. Техника промышленного рыболовства: В 2-х частях [Текст] / В. Н. Войниканис-Мирский. – М. : Пищевая промышленность, 1969. – Ч. 2 – 456 с.
5. Фридман А.Л. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства [Текст] / А. Л. Фридман. – М. : Пищевая промышленность, 1969. – 568 с.
6. Матросов И.Р. Заверты тралов и меры борьбы с ними [Текст] / И. Р. Матросов // Рыбное хозяйство. – М. : ВНИРО – 1957. – № 8. – С. 23-28.
7. Матросов И.Р. Об условиях обеспечивающих устойчивое движение пелагического трала в воде [Текст] / И. Р. Матросов // Рыбное хозяйство. – М. : ВНИРО – 1960. – № 12. – С. 34-36.

-
8. Кузнецов В.М. Влияние течения на промысел [Текст] / В. М. Кузнецов // Рыбное хозяйство. – М. : ВНИРО – 1960. – № 12. – С.34-36.
 9. Ляпин Н.А. Наши наблюдения за работой трала в воде [Текст] / Н. А. Ляпин // Рыбное хозяйство. – М. : ВНИРО – 1959. – № 2. – С. 43-46.
 10. Кондратьев В.П. Влияние разницы в длине ваеров на горизонтальное раскрытие трала [Текст] / В. П. Кондратьев // Рыбное хозяйство. – М. : ВНИРО – 1966. – № 3. – С. 47-49.

Масленников А.А.

ЯВИЩЕ ЗАВЕРТА ТРАЛА ТА МЕТОДИ БОРотьБИ З НИМ

У статті проведено аналіз досліджень, в яких описується явище заверта трала. Результатом прояву заверта стає пошкодження тралів і їх устаткування, а отже збільшення невиробничих витрат і зниження ефективності промислу. У статті розглянуто особливості конструкції та призначення розпірних тралових засобів. Визначено умови, за яких виникає явище авторотації тралових дощок, що призводить до втрати розпірними дошками поперечної стійкості.

Ключові слова: ваєр, тралова дошка, распорная сила, кут атаки.

Maslyennikov A.

PHENOMENON OF TRAWL'S WEATHERTOP AND METHODS OF ITS PREVENTION

The analysis of the studies that described the phenomenon of trawl's weathertop are made in the article. Trawls and their equipment damage becomes the result of trawl's weathertop manifestation. Therefore the non-productive expenses increase and the trade efficiency decline. The design features and the appointment of the spacer trawl boards are described in the article. The conditions under which the phenomenon of trawl boards autorotation occurs were identified. The last one leads to the loss of lateral stability by spacer boards.

Keywords: warp, trawl boards, spacer force, angle of attack, slack, circulation, weathertop, trawl, algorithm, mathematical model.

УДК 681.3:62.50:004:942

Носовський А.М.

ІНВАРІАНТНІ ФУНКЦІЇ ОПИСУ НАВІГАЦІЙНИХ СТАНІВ ПРОСТОРОВОГО РУХУ СУДНА

Розроблені інваріантні функції перетворення дискретизованих часових рядів даних GPS спостереження за рухом судна у формалізовані символічні ознаки класифікації поточних навігаційних станів у складній динамічній системі. Методика апробована на реальних натурних даних під час режимів маневрування судна. Результати засвідчують високу ефективність запропонованих індикаторних функцій.

Ключові слова: навігація, управління, динаміка руху, безпека, стани, події, символічні перетворення.

Актуальність дослідження. Дослідження розвитку та трансформації неявних (опосередкованих) зв'язків, які визначають особливості процесу руху твердого тіла в