

Замет кошелькового невода с учетом воздействия на косяк шумов судна

Канд. техн. наук О.Н. Кручинин – ФГУП «ТИНРО-Центр»



Исследования, проведенные на кошельковом промысле тихоокеанской сардины, позволили разработать эмпирическую модель поведения рыб в зоне облова и выявить взаимосвязь параметров поведения и шумового акустического поля промыслового судна. На основе опыта кошелькового лова и экспериментальных данных предложен алгоритм замета кошелькового невода. В результате компьютерной реализации алгоритма замета с использованием модели поведения рыб получены теоретически возможные траектории заметов, из которых определена необходимая длина кошелькового невода при различных отношениях V_p/V_c . Эмпирические модели поведения рыб различных видов рыб и формализованные алгоритмы замета могут быть полезными при совершенствовании компьютерных тренажеров для отработки тактики кошелькового лова.

Известные схемы и математические модели процесса замета кошелькового невода можно разделить на две основные группы: с неизменным и изменяющимся направлением движения косяка в зоне облова. В первой группе рассматриваются **заметы по заранее заданной траектории** (Андреев Н.Н. *Проектирование кошельковых неводов*. М.: Пищ. пром., 1970. 277 с.; Калиновский В.С. *Проектирование кошельковых неводов*. Владивосток: «Изв. ТИНРО», 1975. Т. 94, с. 42–66; Мельников В.Н., Лукашов В.Н. *Техника промышленного рыболовства*. М.: Пищ. пром., 1981. 312 с.) и **заметы по неизвестной заранее траектории** (Лисовой А.П. *Принципиальная схема проведения замета кошелькового невода при акустической наводке // Орудия океанического рыболовства. Труды, вып. XXXII. Калининград: АтлантНИРО, 1971, с. 150–156; Ольховский В.Е., Яковлев В.И., Меньшиков В.И. Математическое обеспечение автоматизации тралового и кошелькового лова*. М.: Пищ. пром., 1980. 168 с.). Преимуществом моделей этой группы является возможность определения длины кошелькового невода. Поэтому они оказались востребованными при разработках теоретических основ кошелькового лова и оценке в первом приближении необходимой длины кошелькового невода.

В реальных условиях промысла косяки, как правило, изменяют направление движения в зоне облова. Известные модели заметов этой группы предполагают движение косяка либо по направлению, наиболее благоприятному для выхода из зоны облова, либо по линии текущего пеленга (Гостомыслов Л.П. *Кошельковый лов. Вероятность успеха при замете*. Владивосток: ОНТИ ЦПКТБ «Дальрыба», 1975. 58 с.; Кручинин О.Н., Кузнецов Ю.А., Ефимов В.В. *Модель поведения скоплений рыб в шумовом поле промыслового судна // Поведение рыб и орудия лова*. Владивосток: ТИНРО, 1983, с. 3–11). Однако эти предположения страдают искусственностью и не всегда соответствуют реальному процессу. Поэтому нами на промысле тихоокеанской сардины по методике А.Я. Алифиренко (*Тактика обмента косяков нагульной скумбрии крупногабаритными кошельковыми неводами // Промышленное рыболовство*. Владивосток: ТИНРО, 1976. Вып. 6, с. 68–73) проведено исследование поведения косяков в зоне облова кошельковым неводом. Получено около 50 траекторий замета кошелькового невода и проанализированы более 400 экспериментальных значений реакции косяка в зоне облова. За критерий реакции принята скорость изменения направления движения косяка. В результате определено, что **основным параметром замета, влияющим на реакцию рыб, является скорость сближения между судном и косяком**. Причем в пределах различных дальностей реакция косяка различна при одной и той же скорости сближения с судном. Эмпирическая модель изменения направления движения косяка найдена нами в виде:

$$K'_p = \frac{\left[-2,986 + 4,042 \exp\left(-0,142 \frac{\Delta d}{\Delta t}\right) \right] (2,184 - 0,008d)}{2,184}, \quad (1)$$

где K'_p – изменение направления движения косяка, рад/с; d – дистанция между судном и косяком, м; $\Delta d/\Delta t$ – скорость изменения дистанции, м/с. На рис. 1 в качестве примера показан один из заметов, воспроизведенный по реальным промысловым данным и по модели (1). Видна хорошая сходимость реальной и моделируемой траектории движения косяка.

Существует гипотеза (Воловова Л.А., Макарова И.И. *Современное состояние исследований влияния шумов от судов и орудий лова на эффективность промысла*. ОИ, сер. 2 «Промышленное рыболовство». М.: ЦНИИТЭИРХ, 1974. Вып. 2. 60 с.) о том, что реакция рыб на акустические шумы судна наиболее сильно проявляется с такого расстояния, на котором рыбы начинают улавливать сравнительно быстрое возрастание уровня звукового давления. Скорость изменения потенциала поля (в нашем случае – уровня звукового давления) в точке, перемещающейся в этом поле в направлении R , определяется из известного соотношения:

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{\Delta P}{\Delta R} \vec{V}_R, \quad (2)$$

В нашем случае: $\Delta P/\Delta t$ – скорость изменения уровня звукового давления в месте нахождения косяка, дБ/с; $\Delta P/\Delta R$ – градиент поля в направлении относительного перемещения косяка и судна, дБ/м; V_R – скорость относительного перемещения в направлении R , м/с.

Для выявления значений звукового давления шумов в зоне облова нами проведена акустическая съемка шумового поля промыслового судна СТР-503. На рис. 2 представлен фрагмент картины шумового

поля судна, выраженного изолиниями, обозначенными в дБ относительно уровня шумов моря. Здесь же, по данным замета, изображенного на рис. 1, нанесены точки местоположения косяка в зоне облова, включающие начальную и конечную позиции косяка, а также точки, в которых произошло изменение направления движения косяка. По таким характерным точкам, выявленным для каждого замета, определили скорости изменения звукового давления при перемещении косяка относительно изолиний шумового поля судна. В результате получили эмпирическую зависимость скорости изменения уровня звукового давления от скорости изменения дистанции между судном и косяком:

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = 0,784 \left(\frac{\Delta d}{\Delta t} \right)^{0,542} \quad (3)$$

Сравнивая формулы (1) и (3), можно видеть, что изменение дистанции вызывает изменение звукового давления, которое, в свою очередь, вызывает изменение направления движения косяка. Необходимо отметить, что численные значения коэффициентов, входящих в выражения (1) и (3), могут быть разными для различных видов рыб.

Анализируя рис. 1 и выражение (1), можно заключить, что в общем случае траектория движения косяка определяется траекторией движения судна: при приближении судна косяк изменяет направление движения, при удалении – сохраняет первоначальное движение. Исходя из этого, курс судна на каждом шаге замета необходимо корректировать в соответствии с определенными правилами или алгоритмами. На основе экспериментально-промысловых материалов по кошельковому лову, изложенных в работах многих исследователей (Лисовой А.П. Анализ тактических приемов кошелькового лова // *Тр. Капрыбвтуза*, 1973. Вып. 43, с. 115–126; Алифиренко, 1976; Гостомыслов Л.П. Способы замета кошелькового невода. Владивосток: Дальиздат, 1977. 43 с; Сушенцов В.А. Техника и тактика промысла сардины. Владивосток: ОНТИ ЦПКТБ «Дальрыба», 1977. 20 с.; Кручинин О.Н., Кузнецов Ю.А. Методика оценки параметров поведения рыб в зоне замета кошелькового невода. Владивосток: Дальрыбвтуз, 1985. 36 с.; и др.), и выявленных нами закономерностей поведения косяков, сформулируем алгоритм замета следующим образом.

1. Перед заметом кошелькового невода определяют направление движения косяка, и судно выводится на курс, близкий к этому направлению.

2. На начальной стадии замета, когда курсовой угол меньше 80–90°, судно движется по пологой траектории. При сближении с косяком курс судна изменяют незначительно.

3. При удалении от косяка, когда курсовой угол меньше 80–90°, подворачивают вправо, чтобы направления движения судна и косяка стали приблизительно параллельными.

4. Как только курсовой угол становится больше 80–90°, начинают циркуляцию в обхват косяка. При этом необходимо соблюсти первое условие успешности замета (Андреев, 1970; Лисовой, 1971): нижняя подбора невода при подходе к ней косяка должна погрузиться на глубину расположения рыбы.

5. Когда курсовой угол достигает 120–150°, обхват косяка считается закончившимся и судно направляют в начальную точку замета. При этом необходимо соблюсти второе условие успешности замета (Андреев, 1970): являчи невода должны сомкнуться до подхода к ним косяка.

На рис. 3 представлены графики, построенные в результате компьютерной реализации вышеприведенного алгоритма замета при различных отношениях скорости рыбы и судна V_p/V_c . При расчетах приняты следующие исходные параметры замета: курсовой угол на косяк $q_0 = 40^\circ$; дистанция до косяка $d_0 = 150$ м; скорость судна при замете $V_c = 5$ м/с; элементарный промежуток времени $\Delta t = 10$ с. Скорость изменения направления движения косяка в зоне облова рассчитывали по формуле (1). Анализ траекторий заметов на рис. 3 показывает, что при принятых исходных параметрах для уверенного облова малоподвижных косяков ($V_p/V_c = 0,1+0,2$) достаточно невода длиной 500–650 м; при $V_p/V_c = 0,4+0,6$ необходимая длина невода составит 850–1500 м.

Нами не получено в аналитическом виде выражение для определения необходимой длины кошелькового невода. При условии из-

меняющегося направления движения косяка, которое к тому же зависит от текущих параметров замета, получить такое выражение довольно сложно. Однако эмпирические модели поведения различных видов рыб в зоне облова и формализованные алгоритмы замета могут быть полезными для совершенствования компьютерных тренажеров ручного и автоматизированного заметов. В первом из них при заданной длине невода отрабатывается оптимальная, с точки зрения рационального использования длины невода, тактика выполнения замета кошелькового невода. Такой компьютерный тренажер разработан нами и используется в учебном процессе Дальрыбвтуза (Бакова О.В., Кузнецов Ю.А., Кручинин О.Н. *Отработка тактики замета кошелькового невода с помощью ЭВМ-тренажера // Методическое пособие. Владивосток: Дальрыбвтуз, 1987. 16 с.*). Во втором тренажере, при условии бесконечной длины невода, определяются оптимальные начальные параметры замета и необходимая для уверенного облова длина кошелькового невода.

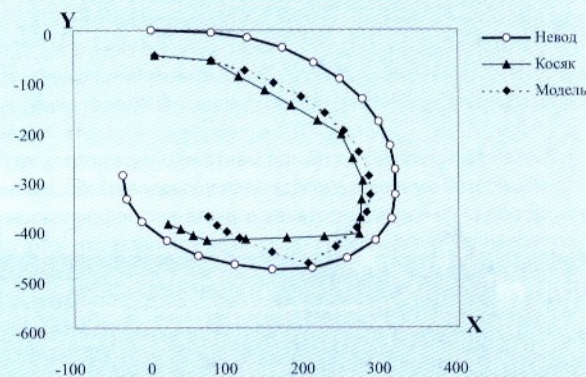


Рис. 1. Экспериментальная и моделируемая траектории движения косяка в зоне облова кошельковым неводом длиной 1000 м

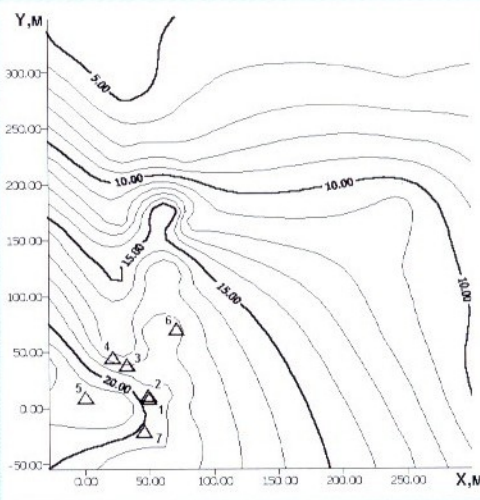


Рис. 2. Шумовое акустическое поле судна и точки положения косяка в процессе облова кошельковым неводом

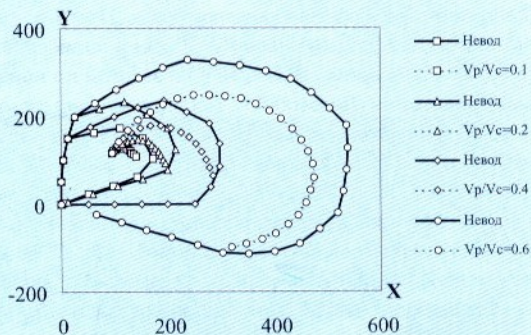


Рис. 3. Компьютерное моделирование траекторий замета и движения косяка в зоне облова кошельковым неводом