

УДК 639.2.081.117.001.5

НЕКОТОРЫЕ УСЛОВИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ОБЛОВ КОСЯКА
КОШЕЛЬКОВЫМ НЕВОДОМ

А. А. ЯКОВЛЕВ

В работах проф. Н. Н. Андреева, в которых рассматриваются вопросы теории лова рыбы кошельковыми неводами (Андреев, 1962, 1970), дается вывод формул для определения длины и других параметров этих

неводов, но анализ формул сделан недостаточно полно. Этот пробел частично восполнен нами (Яковлев, 1972). В частности, установлено, что при замете как по эллипсообразной траектории, так и по траектории, близкой к лемнискату, имеется два значения угла Θ , перемещаясь в интервале которых косяк не уйдет за линию дуги BM , ограниченную этими углами (рис. 1, 2), так как стена невода опустится на необходимую глубину раньше, чем подойдет к ней косяк. Кроме того, доказано, что косяк не уйдет из обметываемого пространства, если изменит направление своего перемещения в точке M . Однако этот случай является частным.

Практический интерес представляет общий случай — нахождение интервалов углов Θ и Θ' , при которых косяк не только не уйдет за пре-

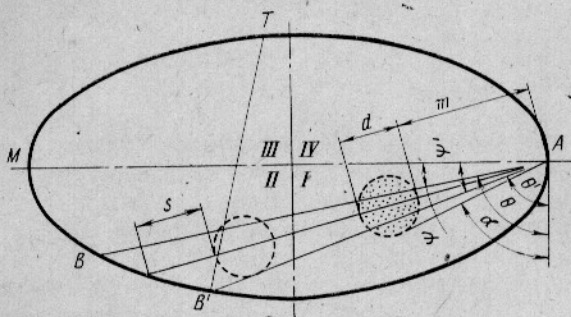


Рис. 1. Схема замета по эллипсообразной кривой.

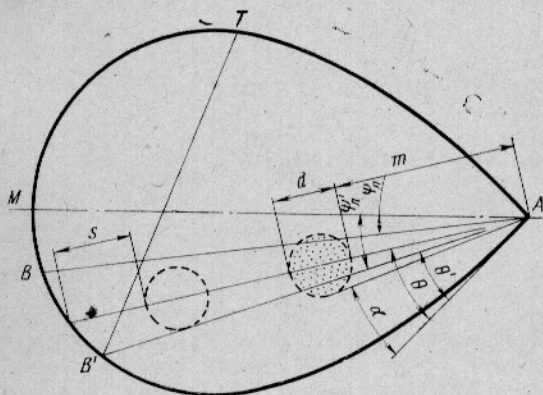


Рис. 2. Схема замета по кривой, близкой к лемнискату.

делы дуги BM (первое условие), но и будет обловлен при изменении им направления перемещения от любой точки этой дуги (второе условие).

Решим поставленную задачу сначала для заета по эллипсообразной траектории, затем — по лемнискате.

Как следует из условия вывода формулы для определения длины невода, при эллипсообразной траектории заета значение угла θ , определяющего крайнюю правую точку (по ходу перемещения косяка), равно 90° , при лемнискате 45° . Таким образом, задача упрощается и сводится к нахождению:

- 1) угла θ , определяющего крайнюю левую точку сектора, перемещаясь в пределах которого косяк не уйдет за линию дуги MB ;
- 2) угла θ' , определяющего крайнюю левую точку второго сектора, перемещаясь в пределах которого косяк не уйдет из обметываемого пространства, если изменит направление перемещения от любой точки, лежащей на дуге MB' .

Для определения угла θ воспользуемся известным уравнением, которое для I и II квадрантов будет следующим:

$$\frac{L}{N} = \frac{1}{\frac{n^2 \sin \theta}{2E(\cos^2 \theta + n^2 \sin^2 \theta)} - \frac{1}{4\varepsilon} \mp \frac{E_1}{4E\varepsilon}}, \quad (1)$$

где L — длина кошелькового невода;

$N = m + d + s$ (см. рис. 1, 2);

E — полный эллиптический интеграл второго рода;

E_1 — неполный эллиптический интеграл второго рода;

$n = \frac{b}{a}$ — отношение полуосей эллипса.

$\varepsilon = \frac{v_c}{v_p}$ — отношение скорости движения судна к скорости перемещения косяка.

Угол θ из уравнения (1) может быть найден путем аналитического решения: первоначально вместо θ подставляем его первое значение (90°) и находим численную величину $\frac{L}{N}$ для выбранных значений ε и n , затем, подставляя эти значения обратно в уравнение (1), находим второе значение угла θ . Однако этот способ весьма трудоемок, поскольку в уравнение входит неполный эллиптический интеграл. Значение угла для практических целей с достаточной степенью точности можно найти путем графического решения этого уравнения (рис. 3). Для

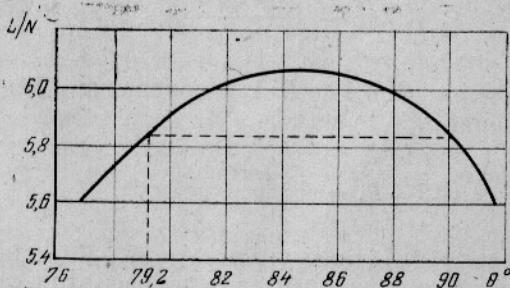


Рис. 3. График функции $\theta = f\left(\frac{L}{N}\right)$ для значений $n = 0,5$ и $\varepsilon = 2,0$.

удобства пользования в табл. 1 приведены значения углов $\psi = 90^\circ - \theta$, определяющих величины соответствующих секторов в зависимости от ε и n .

Таблица 1
Величины углов ψ и ψ' в зависимости от значений ε и n

	n											
	0,5		0,6		0,7		0,8		0,9		1,0	
	ψ	ψ'	ψ	ψ'	ψ	ψ'	ψ	ψ'	ψ	ψ'	ψ	ψ'
1,5	19°00'	10°15'	37°30'	9°00'	54°20'	6°40'	—	4°00'	—	0°30'	—	—
1,6	16 30	10 40	28 00	10 40	44 30	9 50	—	8 30	—	5 45	—	1°00'
1,7	14 45	12 15	24 00	13 00	38 00	12 30	—	11 20	—	9 40	—	11 15
1,8	13 30	13 40	21 20	14 45	33 00	15 45	45 30	14 40	—	13 00	—	15 00
1,9	12 45	15 00	19 20	16 30	28 30	17 00	41 30	17 00	59°10'	54 30	—	18 30
2,0	12 00	16 00	17 45	17 40	26 20	18 30	38 30	19 30	50 45	19 30	—	24 40
2,2	11 00	18 20	15 30	20 30	22 00	22 15	33 15	23 30	44 30	24 20	—	29 40
2,4	10 00	20 20	14 00	22 50	19 30	25 15	28 45	27 20	39 40	28 30	—	34 00
2,6	9 00	22 00	12 40	25 00	17 20	27 50	25 30	30 20	35 20	32 00	—	37 30
2,8	8 30	23 30	11 45	27 00	15 50	30 00	22 45	32 45	31 50	34 50	—	40 40
3,0	7 45	25 00	10 50	28 45	14 30	32 15	20 30	35 15	29 00	37 50	—	43 30
3,2	7 15	26 20	10 00	30 30	13 20	34 00	19 00	37 20	26 30	40 00	—	45 00
3,4	6 45	27 40	9 20	32 00	12 15	35 45	17 30	39 00	24 30	42 00	—	48 00
3,6	6 30	29 00	8 40	33 20	11 20	37 30	16 15	41 00	22 45	44 00	—	50 00
3,8	6 15	30 20	8 15	34 40	10 30	39 00	15 00	42 50	21 20	46 20	—	51 45
4,0	6 00	31 30	7 40	35 50	9 50	40 15	14 15	44 20	20 00	48 00	—	53 20
4,2	5 45	32 20	7 20	37 00	9 20	41 30	13 30	45 50	18 50	49 30	—	54 50
4,4	5 30	33 20	7 00	38 00	8 50	43 00	13 00	47 10	17 45	51 00	—	56 20
4,6	5 15	34 15	6 50	39 15	8 30	44 15	12 00	48 30	16 50	52 30	—	57 30
4,8	5 05	35 00	6 30	40 15	8 15	45 30	11 40	49 40	16 10	53 40	—	58 40
5,0	5 00	36 00	6 20	41 15	8 00	46 30	11 00	51 00	15 30	54 45	—	—

Чтобы найти угол θ' , составим уравнение, которое в общем виде будет иметь вид

$$\overline{B'MT} = \varepsilon B'T.$$

Решение этого уравнения — довольно трудоемкий процесс и практически возможно только с помощью ЭВМ. Однако, если принять наименее благоприятный случай, когда точка T совпадает с точкой A^* , уравнение упростится и будет иметь вид

$$\overline{B'MA} = \varepsilon B'A, \quad (2)$$

где

$$\overline{B'MA} = \overline{B'M} + \overline{MA} = a(3E \mp E_1);$$

$$B'A = \frac{2an^2 \sin \theta'}{\cos^2 \theta' + n^2 \sin^2 \theta'}.$$

Подставляя значения $\overline{B'MA}$ и $B'A$ в уравнение (2), получим выражение для определения θ'

$$3E \mp E_1 = \frac{2\varepsilon n^2 \sin \theta'}{\cos^2 \theta' + n^2 \sin^2 \theta'}.$$

В табл. 1 приведены величины углов $\psi' = 90^\circ - \theta'$ для тех же значений ε и n , что и в первом случае. Анализ данных этой таблицы показывает, что при всех значениях n угол ψ уменьшается с увеличением ε ,

* Вывод из-за громоздкости опущен.

а угол ψ' увеличивается. Следовательно, при некотором значении ε секторы будут равны. Величина ε в данном случае будет оптимальной ($\varepsilon_{\text{опт}}$), поскольку ей соответствует максимальное значение сектора, определяемого углом ψ_M . В этом секторе выполняется сразу два условия облова косяка. При $\varepsilon < \varepsilon_{\text{опт}}$ полностью выполняется только первое условие и частично второе, поскольку сектор, в котором обеспечивается второе условие, будет сужаться с уменьшением ε . При $\varepsilon > \varepsilon_{\text{опт}}$, наоборот, полностью выполняется второе условие и частично первое. Практически это означает, что величины L и ψ можно определять по двум вариантам: из расчета обеспечения максимального значения ψ ; из расчета минимального L .

По первому варианту ψ_M определяют, исходя только из значения n . Величину L рассчитывают по $\varepsilon_{\text{опт}}$ независимо от значения ε_d (ε_d — действительное или заданное значение $\frac{v_c}{v_p}$), но при условии, что $\varepsilon_d \geq \varepsilon_{\text{опт}}$. Для упрощения расчетов на рис. 4 приведены графики $\varepsilon_{\text{опт}} = f(n)$ и $\psi_M = f(n)$, построенные по данным табл. 1 путем графической интерполяции.

По второму варианту L рассчитывают обычным порядком по формуле $L = b_2 N$ (Яковлев, 1972), исходя из значения ε_d и других данных.

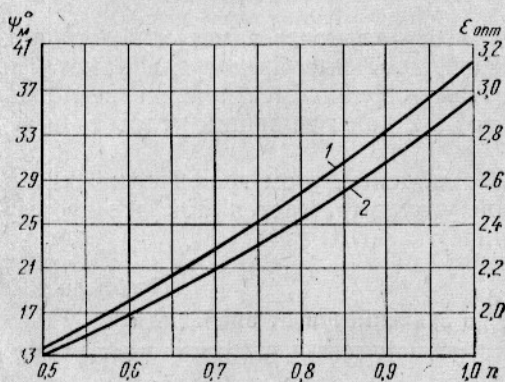


Рис. 4. Графики функций: 1 — $\psi_M = f(n)$; 2 — $\varepsilon_{\text{опт}} = f(n)$.

Величину ψ в этом случае берут из столбца, где помещены значения ψ , если $\varepsilon_d \geq \varepsilon_{\text{опт}}$, и из столбца со значениями ψ' , если $\varepsilon_d < \varepsilon_{\text{опт}}$.

Например, требуется рассчитать длину кошелькового невода и определить сектор, в котором обеспечивается два условия облова косяка при $N = 150$ м, $n = 0,7$, $\varepsilon_d = 2,4$ и $2,0$. По первому варианту, согласно графикам, изображенным на рис. 4, при $n = 0,7$ получим $\psi_M = 22^\circ$, $\varepsilon_{\text{опт}} = 2,2$. Длина невода в этом случае составит $L = 6,93 \cdot 150 \approx 1040$ м.

Для значения $\varepsilon_d = 2,0$ величина L не может быть рассчитана по первому варианту, так как $\varepsilon_d < \varepsilon_{\text{опт}}$. По второму варианту при $\varepsilon_d = 2,4$ $L \approx 920$ м, а величина сектора ψ согласно табл. 1 составит $19^\circ 30'$ (берется из столбца со значениями ψ , так как $\varepsilon_d > \varepsilon_{\text{опт}}$). При $\varepsilon_d = 2,0$ $L \approx 1235$ м, а $\psi = 18^\circ 30'$ (берется из столбца со значениями ψ' , так как $\varepsilon_d < \varepsilon_{\text{опт}}$).

Из этих примеров видно, что обеспечение сектора наибольшей величины, при перемещении косяка, в котором выполняются два условия его облова, возможно только при $\varepsilon_d > \varepsilon_{\text{опт}}$ и, исключая частный случай, когда $\varepsilon_d = \varepsilon_{\text{опт}}$, достигается за счет увеличения длины невода. Так, увеличение угла на $2^\circ 30'$ повлекло за собой увеличение длины невода на 120 м.

Таким образом, целесообразность расчета длины невода по первому или второму варианту определяют, исходя из того, какой из факторов (L или ψ) важнее в каждом конкретном случае. Можно только сказать, что предпочтение, видимо, следует отдать расчету по второму варианту. В этом случае длина невода наименьшая, а вероятность ухода косяка на участке между точками BB' , который неизбежно при этом образуется и определяется разностью углов $\psi_{\text{опт}}$ и ψ , невелика (см. рис. 1, 2) — во-первых, величина этого участка незначительна, а во-вторых, расположение стены невода по отношению к пути косяка таково, что создаются благоприятные условия к изменению пути перемещения косяка вдоль траектории выметывания. Выход же косяка из обметываемого пространства при изменении направления перемещения косяка на указанном участке и условии сохранения первоначальной скорости исключается. Однако следует иметь в виду, что все эти условия осуществимы только при $\epsilon_d \geq \epsilon_{\text{опт}}$. Если $\epsilon_d < \epsilon_{\text{опт}}$, то при изменении направления перемещения косяка его облов не обеспечивается.

Курсовой угол в начальный момент замета, выраженный через ψ , будет

$$\alpha = 90^\circ - \psi - \arcsin \frac{d}{2m + d'} \quad (3)$$

Все выкладки, произведенные для случая, когда замет осуществляется по эллипсообразной кривой, идентичны выкладкам для замета по кривой, близкой к лемнискате. Поэтому ограничимся приведением только окончательных результатов. В табл. 2 даны величины углов ψ_L и ψ'_L в зависимости от значений ϵ .

Величины $\epsilon_{\text{опт}} \approx 2,3$ и $\psi_M \approx 19^\circ 20'$ найдены путем графической интерполяции данных табл. 2. Курсовой угол выражается той же формулой (3), что и при замете по эллипсу.

Таблица 2

Величины углов ψ_L и ψ'_L в зависимости от значений ϵ

ϵ	ψ_L	ψ'_L	ϵ	ψ_L	ψ'_L	ϵ	ψ_L	ψ'_L
1,5	41°00'	9°00'	2,4	24°30'	27°30'	3,8	16°00'	36°15'
1,6	38 30	12 00	2,6	23 00	29 30	4,0	15 00	37 00
1,7	34 00	15 00	2,8	21 30	31 00	4,2	14 00	37 30
1,8	33 40	17 30	3,0	20 00	32 30	4,4	13 00	38 00
1,9	31 45	19 30	3,2	19 00	33 45	4,6	12 00	38 30
2,0	30 00	21 30	3,4	18 00	34 45	4,8	11 00	39 00
2,2	27 00	24 45	3,6	17 00	35 30	5,0	10 00	39 15

ВЫВОДЫ

1. Работая кошельковым неводом, необходимо учитывать, что траекториям замета по кривым, близким к окружности, эллипсу, лемнискате, соответствуют оптимальные значения отношений скорости судна к скорости косяка ($\epsilon_{\text{опт}}$). При этих значениях $\epsilon_{\text{опт}}$ углы ψ , определяющие секторы, перемещаясь в которых косяк не уйдет из обметываемого пространства, будут максимальными (ψ_M).

2. $\epsilon_{\text{опт}} = 1,8 \div 3,0$, если замет осуществляется по траектории эллипса с коэффициентом сжатия $n = 0,5 \div 1,0$ и $\epsilon_{\text{опт}} \approx 2,3$, если замет осуществляется по лемнискате.

3. При значениях $\varepsilon > \varepsilon_{\text{опт}}$ и сохранении максимальной величины сектора (ψ_m) вероятность ухода косяка незначительна. При $\varepsilon < \varepsilon_{\text{опт}}$ облов косяка не обеспечивается. В этом случае облов возможен только за счет сужения сектора (уменьшения ψ_m).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Андреев Н. Н. Проектирование кошельковых неводов. М., «Пищевая промышленность», 1970. 280 с.

Андреев Н. Н. Некоторые вопросы проектирования кошельковых неводов.— «Труды ВНИРО», 1962, т. 47, с. 158—179.

Яковлев А. А. Определение длины кошелькового невода при замете по эллипсовидной кривой.— «Рыбное хозяйство», 1972, № 7, с. 47—49.

Яковлев А. А. Определение длины кошелькового невода и некоторых параметров современной схемы замета.— «Рыбное хозяйство», 1972, № 11, с. 58—61.

Some conditions securing the encircling of a fish school by the purse seine A. A. Yakovlev

SUMMARY

The values of angles and the range from where a moving school of fish could not escape the encircled space have been estimated. The optimum values of ratios between the speeds of the vessel and school when the angles are maximum are 1.8—3.0 and 2.3 for the trajectory along the ellipse and lemniscate, respectively.