

АНАЛИЗ И РАСЧЕТ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ТРАУЛЕРОВ И РЫБНЫХ СТАЙ

Канд. техн. наук Ш. А. Расулев - ВНИРО

В эксплуатации крупнотоннажных траулеров в последние годы возникли трудности, которые поставили под сомнение перспективность их использования. Многие специалисты считают целесообразным комплектовать рыболовный флот преимущественно средне- и малотоннажными судами. Эта точка зрения требует всестороннего анализа, что важно еще и потому, что прежде ученые и конструкторы уделяли основное внимание крупнотоннажным судам. Объективные причины этого явления кроются в многократной структурной перестройке в отрасли и смене приоритетов, определяющих характер научных и опытно-конструкторских работ.

Вследствие этого исследования по таким направлениям, как промысловое судостроение, механизация и автоматизация процессов добычи и обработки рыбы, были фактически приостановлены. Все это не могло не сказаться на отечественной технике для промыслового флота – в последнее десятилетие она стала отставать в своем развитии от зарубежной.

Новые проблемы не могут ждать очередной смены ориентиров. Попытаемся в данной работе решить одну такую проблему, имеющую отношение к возможной переориентации с крупно- на средне- и малотоннажные суда.

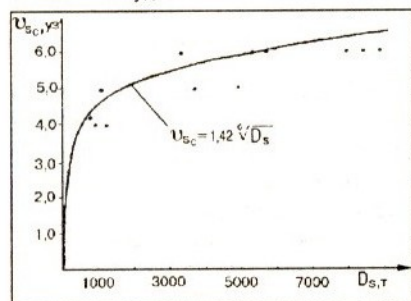


Рис. 1. График зависимости спецификационной скорости траления v_{sc} от водоизмещения судна $D_{s,т}$

В связи с задачей определения параметров траулеров различного водоизмещения, естественно, возникает необходимость выведения общих, достаточно универсальных и, по-возможности, простых формул, которые можно применять в расчетах для судов любого тоннажа. Чаще всего при решении таких задач употребляются критерии подобия. Однако условия водной среды исключают одновременное использование наиболее известных критериев – Рейнольдса (Re) и Фруда (Fr), поэтому встает вопрос: какому из них следует отдать предпочтение в том или ином случае?

Кроме того, существует так называемый масштабный эффект – у исследуемых объектов при значительном увеличении или уменьшении их размеров появляются новые свойства. Вот почему, кстати, переход специалистов, конструировавших крупнотоннажные траулеры, к работе над средне- и особенно малотоннажными судами требует определенной перестройки мышления.

Выберем для анализа один из наиболее важных параметров промысла – скорость траления $v_{тр}$. Начиная с 70-х годов эта скорость стала задаваться в судовой документации как одна из основных, спецификационных величин – v_{sc} , по которой проверяются промысловые возможности судна. Ее появление было связано с массовым внедрением в промысел на всех наших бассейнах крупногабаритных канатных пелагических тралов и необходимостью знать максимальное значение скорости траления $v_{тр}$ при ведении судном разноглубинного лова. Ниже приведены значения спецификационных скоростей v_{sc} (уз) для различных типов траулеров (рис. 1).

Крупнотоннажный траулер:

394 АМ типа "Кронштадт"	5,0
РТМ типа "Атлантик-П"	5,0
В-408 типа "Иван Бочков"	5,0
РТМ-С типа "Прометей"	5,0
1288 типа "Пулковский Меридиан"	6,0
1386 типа "Горизонт"	6,0
В-400 типа "Спрут"	6,0
"Атлантик-488" типа "Моонзунд"	6,0
Среднетоннажный траулер-сейнер:	
420 типа "Надежный"	3,5–5,0
502 Р типа "Саргасса"	4,0
502 типа "Маяк"	4,0
502 Э типа "Железный поток"	4,5
502 ЭМ типа "Василий Яковенко" и "Нолинск"	4,5
503 типа "Альпинист"	5,0
1332 типа "Баренцево море"	4,0–4,5
"Атлантик-333" типа "Орленок"	5,0

Опыт эксплуатации малотоннажных траулеров показывает, что скорости их траления колеблются от 2,5 до 3,5 уз.

Таким образом, из анализа представленных данных видна следующая закономерность: скорости траления $v_{тр}$, развиваемые судами на промысле, снижаются с уменьшением их тоннажа. Чем это вызвано? Казалось бы, можно на меньшем траулере иметь достаточно мощную гребную установку, и диапазон скоростей траления $v_{тр}$ увеличится. Можно оставить ту же гребную установку, но для увеличения скорости буксировки v_s взять трал меньших размеров. Однако на промысле этого не происходит, и скорости траления $v_{тр}$ достаточно определенно изменяются в зависимости от тоннажа судов.

Для объяснения этого явления было использовано предположение, высказанное в 1990 г. в одной из работ, выполненных во ВНИРО при составлении прогноза



сырьевой базы. Возможно, судно представляется рыбным скоплением своего рода хищником, обладающим определенной длиной L_s , пространственной протяженностью, устройствами захвата, шумностью и другими сопутствующими факторами. Аналогия с рыбами позволила применить предложенную проф. Н. Н. Андреевым линейную зависимость скорости движения v_s от длины L_s и соответствующую кубического корня от объема v_s и в конечном счете водоизмещения D_s судна:

$$v_{sc} = \alpha_L L_s = \alpha_v \sqrt[3]{v_s} = \alpha_D \sqrt[3]{D_s} \quad (1)$$

Однако вычислительный анализ показал, что формула дает явно заниженные значения для среднетоннажных и особенно малотоннажных траулеров. Тогда была предложена новая зависимость:

$$v_{sc} = \alpha_D \sqrt[6]{D_s} \quad (2)$$

которая оказалась вполне приемлемой для расчетов скоростей траления судов.

В результате преобразований получена формула:

$$v_{sc} = 1,42 \sqrt[6]{D_s} = \sqrt[6]{8D_s}, \quad (3)$$

где $[v_{sc}] = 1 \text{ уз}$, $[D_s] = 1 \text{ т}$.

Так, для траулеров типа "Пулковский Меридиан" с $D_s = 5700 \text{ т}$ получим

$$v_{sc} = 1,42 \sqrt[6]{5700} = 1,42 \cdot 4,2 \approx 6,0 (\text{уз}) (3')$$

Для среднетоннажных траулеров типа "Нолинск" с водоизмещением $D_s = 1220 \text{ т}$

$$v_{sc} = 1,42 \sqrt[6]{1220} \approx 1,42 \cdot 3,27 \approx 4,6 (\text{уз}) (3'')$$

Для малотоннажного траулера с $D_s = 50 \text{ т}$

$$v_{sc} = 1,42 \sqrt[6]{50} \approx 1,42 \cdot 1,92 \approx 2,7 (\text{уз}).$$

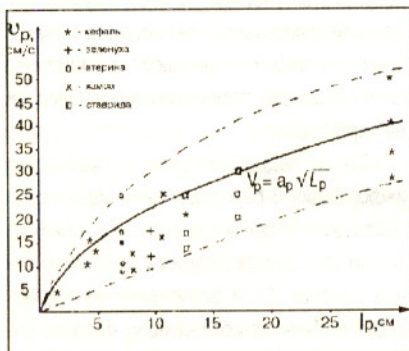


Рис. 2. Характер зависимости скорости движения рыб v_p Черного моря от их длины l_p (опытные данные канд. биол. наук А. В. Яржомбека)

Но неясным оставался вопрос о том, какой физический смысл имеют полученные формулы (2) и (3). Соответствующие рассуждения привели к выводу, что для траулеров при определении рабочих или спецификационных скоростей траления v_{tr} главным является критерий подобия Фруда:

$$v_{sc} / \sqrt{g L_s} = Fr_s = \text{const}, \quad (4)$$

или в измененном виде

$$v_{sc} / g \alpha_{DL} \sqrt[3]{D_s} = Fr_s = \text{const}; \quad (5)$$

$$v_{sc} / \sqrt[6]{D_s} = Fr_1 = \text{const}. \quad (6)$$

Если на первом этапе анализа суда были уподоблены морскому хищнику и для их поведения были справедливы закономерности, характерные для рыб, то на втором допустима, по-видимому, обратная аналогия, при которой скорости движения рыб, составляющих косяки и стаи, v_p можно определить из условий, характерных для судов (4–6):

$$v_p / \sqrt{g l_p} = Fr_p = \text{const}. \quad (7)$$

Вычисления показывают, что если для траулеров число Фруда $Fr_s = 0,1$, то для таких рыб, как, например, ставрида, скумбрия, $Fr_p = 1,3$. Таким образом, зависимость скорости движения рыб в скоплении v_p от их длины l_p в соответствии с соотношением (7) примет вид:

$$v_p = \alpha_p \cdot \sqrt{l_p}. \quad (8)$$

Необходимо уточнить, что под "рабочей" скоростью рыб v_{tr} в данном случае понимается не "крейсерская", которую они длительное время выдержать не могут, а некоторая иная, равная примерно половине величины "крейсерской".

Для проверки полученной зависимости (8) были проанализированы данные канд. биол. наук А. В. Яржомбека, который в 70-х годах в серии статей (см. "Рыбное хозяйство", 1974, 1975) специально исследовал механизм скорости движения v_p отдельных рыб и небольших стай и получил интересный фактический материал.

Из рис. 2 видно, что верхняя граница скоростей движения рыб v_p , которая почти соответствует понятию скорости движе-

ния стай v_p при облове, подчиняется зависимости, определяемой формулой (8). График зависимости скорости движения рыб v_p от их длины l_p нелинеен и в общем виде больше соответствует параболической зависимости вида $v_p = \alpha_p \sqrt{l_p}$. Это подтверждает предположение о близости природы движения траулеров и облавливаемых рыбных стай и позволяет сделать выводы о необходимости более широкого толкования взаимосвязи и взаимодействия морских биологических объектов и промысловой техники, чем это имеет место в настоящее время.

Литература

- Азволинский А. И., Андреев Н. Н., Драпакский М. Я. Об оптимальной скорости траления // Рыбное хозяйство. 1984. № 9. С. 54-57.
- Крупнотоннажные добывающие суда промыслового флота СССР // Каталог технических характеристик. — Л., 1984. — 328 с.
- Мартынов А. К. Экспериментальная аэродинамика. — М., 1958. — 348 с.
- Никоноров И. В. Непрерывные способы лова рыб. — М., 1968. — 104 с.
- Отчет ВНИРО за 1991 г. № 01.05.04. — М., 1991. — 64 с.
- Раков А. И. Особенности проектирования промысловых судов. — Л., 1966. — 144 с.
- Среднетоннажные добывающие суда промыслового флота СССР. Каталог технических характеристик. — Л., 1980. — 109 с.
- Фридман А. Л. Моделирование орудий лова. Лекции по курсу "Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства". — Калининград, 1965. — 64 с.
- Яржомбек А. В. Скорость рыб в неподвижной стае // Рыбное хозяйство. 1974. № 8. С. 22.
- Яржомбек А. В. Природа скоростей рыб // Рыбное хозяйство. 1975. № 9. С. 28-29.

