



# ВЫБОР ГРЕБНОГО ВИНТА для мотора “Вихрь-30”

Сегодня среди отечественных подвесных моторов (ПМ) “Вихрь-30” остается самым мощным и, пожалуй, наиболее распространенным, несмотря на рыночное разнообразие зарубежных ПМ любой мощности (ведь цены на них, увы, пока заоблачны).

Для “Вихря-30” со штатным окрашенным гребным винтом (ГВ) оценки скорости хода и топливной экономичности на серийных мотолодках (МЛ) различных типов и при их разной нагрузке в свое время были приведены автором в “КиЯ” № 168, 171, 173. Ниже такие же ходовые характеристики даны для целого семейства “вихревых” ГВ (табл. 1). Это позволяет получить достаточно объемное представление о возможностях и предпочтительных областях применения “Вихря-30” с разными ГВ.

Указанные в табл. 1 предельные скорости глиссирующих МЛ соответствуют максимально допустимой частоте вращения коленчатого вала, равной 5000 об/мин. Отметим, что в отличие от предыдущих публикаций приводимые ниже оценки для ПМ “Вихрь-30” со штатным окрашенным ГВ получены с помощью стандартной компьютерной программы при повышенной точности схемы информации (за счет масштабирования) с опубликованных графических материалов по “Вихрям”.

На рис. 1 приведены результаты расчетов. Нумерация кривых на рисунке соответствует номерам ГВ в табл. 1.

Какие же выводы можно сделать об особенностях использования ГВ на моторе “Вихрь-30”?

Прежде всего заметим, что ГВ № 3 и 4 с измененными по отношению к “базовому” штатному ГВ № 2 геометрическими параметрами являются “гидродинамически легкими” (“КиЯ” № 31), из-за чего с ними, в частности, достигаются лишь более низкие предельные скорости.

Далее. Упор в зависимости от скорости хода наших по-разному “облегченных” ГВ изменяется по отношению к “базовому” ГВ тоже по-разному. Так, у ГВ № 3 с уменьшенным диаметром упорная часть ощущается (более чем на 1%) возрастает при понижении скорости примерно с 34 км/ч; при скорости 18 км/ч прирост упора достигает 7%. А у ГВ № 4 с уменьшенным шагом прирост упора более значителен: в диапазоне скоростей от предельно допустимой (26 км/ч) до 18 км/ч он составляет от 4 до 20%. При этом ощутимое преимущество грузового ГВ № 4 перед обрезанным ГВ № 3 наблюдается только при скорости ниже примерно 24 км/ч (рис. 1).

Наконец, поскольку полировка ГВ снижает его предельно допустимую скорость (см. табл. 1), формально ее можно рассматривать как еще один прием гидродинамического облегчения ГВ. Однако в отличие от изменения геометрических параметров ГВ полировка дает весьма ощутимый прирост

упора во всем диапазоне скоростей: 14-12% при скоростях 20-40 км/ч.  
\*\*\*

Все это позволяет дать конкретные рекомендации по применению различных ГВ на ПМ “Вихрь-30” с целью достижения наибольшей величины упора и, соответственно, скорости хода.

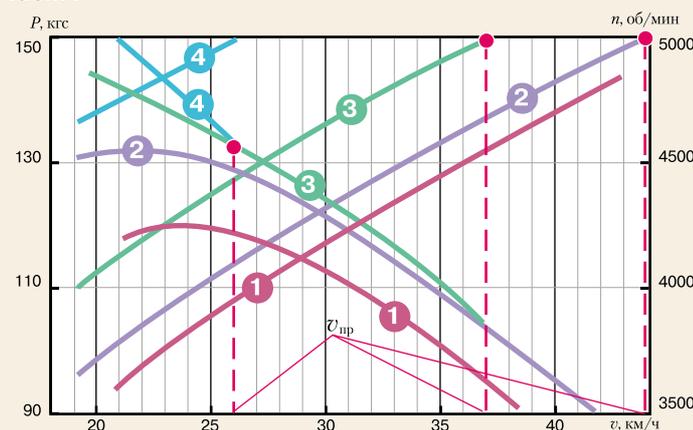
Во-первых, при штатном полированном ГВ № 2 на скорости хода выше 34 км/ч (частота вращения 4500 об/мин) нет смысла заменять этот ГВ гидродинамически облегченными ГВ № 3 и 4.

Во-вторых, сменный грузовой ГВ № 4 на скорости хода ниже 24 км/ч (частота 4900 об/мин) всегда более эффективен, чем обрезанный ГВ № 3 и, тем более, штатный полированный ГВ № 2. В то же время на скоростях хода от 24 до 34 км/ч (частоты от 4300 до 4850 об/мин) именно этот обрезанный ГВ № 3 является оптимальным. Наконец, во всем этом диапазоне скоростей хода полировка ГВ всегда приводит к существенному выигрышу в величине упора и скорости хода.

На рис. 2 приведены зависимости “тяговой” топливной экономичности (“КиЯ” № 173) от скорости хода для наших ГВ. Этим графиком соответствует табл. 2 параметров экономичного полного хода, включающая в себя также 3%-ные интервальные оценки, аналогичные приведенным в “КиЯ” № 173 для других отечественных ПМ.

Главная особенность графиков на рис. 2 — их принципиальное различие для штатных ГВ № 1 и 2, с одной стороны, и гидродинамически облегченных

**Рис. 1. Графики зависимостей эффективного упора  $P$  и частоты вращения  $n$  от скорости хода  $v$  для мотора “Вихрь-30” с гребными винтами, перечисленными в табл. 1**



**Рис. 2. Графики зависимостей “тяговой” работы  $e$ , выполненной на 1 кг топлива, от скорости хода  $v$  для мотора “Вихрь-30” с гребными винтами, перечисленными в табл. 1**



**Табл. 1**

<b>Предельные скорости мотолодок с подвесными моторами семейства «Вихрь» с различными гребными винтами</b>			
№ пп	Гребной винт: Ø и шаг, м	Пред. скорость, км/ч	
		«Вихрь-30»	«Вихрь-М»
1	0.24×0.30; окр.	46.0	52.0
2	0.24×0.30; полир.	44.0	49.0
3	0.22×0.30; полир.	37.0	42.0
4	0.24×0.24; полир.	26.0	31.0

Примечание: 1, 2 — штатный; 3 — штатный с уменьшенным Ø; 4 — сменный грузовой.

ГВ № 3 и 4, с другой. Если у штатных ГВ наилучшая топливная экономичность  $e_0$  достигается при скорости хода  $v_0$  (частоте вращения) меньшей, чем предельно допустимая  $v_{пр}$  (см. также «КиЯ» №173), то у ГВ, гидродинамически облегченных за счет изменения их геометрии, наилучшая топливная экономичность наблюдается при предельно допустимой скорости (частоте вращения).

Сопоставление данных по упору и «тяговой» топливной экономичности показывает, что приведенные выше рекомендации по применению различных ГВ сохраняются и с учетом требований к топливной экономичности — возможное ее ухудшение не выходит за пределы 3%-ного допуска.

\*\*\*

Какие же конкретные выводы об экономичных режимах работы на полном ходу можно сделать на основе табл.2?

Во-первых, можно сравнить между собой различные ГВ по уровню, образно говоря, «потерянных сил, скорости и литров» («КиЯ» № 41). Так, больше всего мощности недобирает штатный окрашенный ГВ № 1 — около 6% максимальной (порядка 2.0 л.с.); меньше (около 1 л.с.) недобирает ГВ № 2, в то время как у гидродинамически облегченных ГВ № 3 и 4 недобора мощности нет.

Несколько больше разница по потерям скорости: если у штатных ГВ № 1 и 2 эти потери составляют соответственно около 30 и 20%, то облегченные ГВ № 3 и 4 работают на предельных для них скоростях.

По «тяговой» топливной экономичности лидируют ГВ № 2 и 3: они на 10% экономичнее грузового ГВ № 4. Но, увы, эти лидеры все же существенно (примерно на 20%) уступают ПМ «Нептун-23» и «Привет-22» даже с их штатными окрашенными ГВ («КиЯ» № 173).

Наконец, табл. 2 позволяет наглядно увидеть, какой именно выигрыш в скорости и топливной экономичности дает полировка штатного ГВ при движении МЛ экономичным полным ходом. Если в этом случае выигрыш в скорости составляет 6%, то выигрыш в топливной экономичности еще больше — 9%. При этом доля «потерянных сил» уменьшается вдвое (и в 3%-ном интервале экономичной скорости тоже).

Заметим, что по сравнению с данными «КиЯ» № 173, уточненные гидродинамические расчеты несколько понизили для штатного окрашенного ГВ величину экономичной скорости полного хода, а также 3%-ного интервала для этой скорости.

\*\*\*

Перейдем к оценке конкретных ходовых возможностей «Вихря-30» с разными ГВ на примерах ряда отечественных серийных МЛ («КиЯ» № 168). Напомним, что для части из них («Крым», «Днепр», «Серебрянка») кривые буксировочного сопротивления были получены в опытовом бассейне ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, исходя из представления о ПМ как неотъемлемой части корпуса МЛ (независимо от режима движения — глиссирующего или водоизмещающего). Это отличается от подхода автора, при котором ПМ в режиме глиссирования рассматривается как независимый толкач-буксировщик («толкач на транце» — см.

«КиЯ» № 143 и 173). В связи с этим в указанные кривые буксировочного сопротивления были внесены поправки, исключющие сопротивление подводной части «Вихря».

Для того чтобы полнее представить ходовые возможности «Вихря-30», дополнительно рассмотрены также более тяжелые глиссирующие МЛ «Кафа-2500» («КиЯ» № 36) и испытанная там же в ЦНИИ МЛ «Роса» (по проекту Л.Г. Махаринского и Ю.А. Голдобина: длина — 5.0 м; ширина на миделе — 1.61 м; килеватость на транце и на миделе — 14°).

В табл. 3 для каждого из «вихревых» ГВ, соответствующих табл. 1, приведены скорости хода МЛ при определенном водоизмещении  $D$  и центровке  $x_g$ , а также величины «транспортного» показателя топливной экономичности  $E$ , который учитывает гидродинамическое качество данной МЛ и равен транспортной работе, произведенной МЛ на 1 л топлива («КиЯ» № 171 и 173). Про-

**Табл. 2**

**Параметры экономичного полного хода мотолодок с подвесным мотором «Вихрь-30» с разными гребными винтами**

Параметр	Гребной винт				Здесь: $e$ — тяговая работа ПМ на литре топлива; $n$ — частота вращения коленчатого вала; $v$ — скорость полного хода; $P$ — упор гребного винта; $G$ — часовой расход топлива; $s$ — путевой расход топлива; $\eta$ — буксировочный КПД мотора («пропульсивный коэффициент»); $m$ — коэффициент использования мощности («потерянные силы»); $c$ — коэффициент использования скорости; $\Delta n$ , $\Delta v$ и $\Delta m$ — интервалы параметров при 3%-ном допуске на величину $e_0$ .
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	
$e_0$ , кВт·ч/кг	0.91	0.99	0.99	0.89	
$n_0$ , об/мин	4350	4600	5000	5000	
$v_0$ , км/ч	33.0	35.0	37.0	26.0	
$P_0$ , кгс	106	110	105	133	
$G_0$ , кг/ч	10.4	10.6	10.6	10.6	
$s_0$ , км/л	2.4	2.5	2.6	1.8	
$\eta_0$	0.46	0.48	0.47	0.42	
$m_0$	0.94	0.97	1.0	1.0	
$c_0$	0.72	0.80	1.0	1.0	
$\Delta n$ , об/мин, (×102)	41-46.5	43.5-49	47-50	49.5-50	
$\Delta v$ , км/ч	28.5-38.5	30.5-41.5	31.0-37.0	24.5-26.0	
$\Delta m$	0.86-0.96	0.94-1.0	0.96-1.0	1.0-1.0	

**Табл. 3**

**Скорости полного хода  $v$  (числитель) и «транспортная» топливная экономичность  $E$  (знаменатель) глиссирующих мотолодок под подвесными моторами «Вихрь-30» и «Вихрь-М» в зависимости от водоизмещения  $D$ , центровки  $x_g$  и выбора гребного винта**

Тип мотолодки	$D$ , кг	$x_g$	Скорость, км/ч					
			Топливная экономичность, т·км/л					
			«Вихрь-30»			«Вихрь-М»		
			№ гребного винта по табл. 1					
			1	2	3	4	1	4
«Прогресс-2»	375	—	36.2	37.6	(37.6)	—	30.2	(33.5)
			1.20	1.24	—	—	1.18	—
“	700	—	33.4	35.3	35.3	—	—	29.3
			1.66	1.71	1.71	—	—	1.72
«Казанка-5»	370	0.36	37.3	38.7	(38.7)	—	32.0	(34.7)
			0.95	0.99	—	—	1.24	—
“	700	0.35	32.5	34.5	34.5	—	—	24.5
			1.62	1.67	1.66	—	—	1.57
«Днепр»	320	0.35	40.2	41.8	(41.8)	—	34.0	(34.5)
			0.88	0.92	—	—	1.12	—
“	650	0.35	37.2	39.0	(39.0)	—	27.3	(31.7)
			1.67	1.74	—	1.93	—	—
«Воронеж»	600	0.35	34.7	36.2	36.2	—	27.3	(31.7)
			1.46	1.50	1.50	—	1.77	—
«Крым»	580	0.32	40.7	42.5	(42.5)	—	32.0	(36.3)
			1.62	1.68	—	—	1.94	—
«Серебрянка»	500	0.40	38.2	40.0	(40.0)	—	28.0	(34.0)
			1.32	1.38	—	—	1.48	—
«Роса»	600	0.35	32.5	34.0	34.3	—	21.0	28.3
			1.39	1.42	1.41	—	—	1.47
“	800	0.35	27.5	30.0	30.5	—	—	20.3
			1.70	1.70	1.70	—	—	1.59
“	950	0.35	—	—	—	20.0	—	—
			—	—	—	—	1.31	—
«Кафа-2500»	780	0.34	—	—	21.0	23.0	—	—
			—	—	—	1.34	1.23	—



Табл. 4

**Доли (%) недобора мощности — “потерянные силы” (числитель) и “тяговой” топливной экономичности — “потерянные литры” (знаменатель) глиссирующих мотолодок под моторами “Вихрь-30” и “Вихрь-М” в зависимости от водоизмещения  $D$ , центровки (см. табл. 3) и гребного винта (см. табл. 1)**

Тип мотолодки	$D$ , кг	“Потерянные силы”, %/“Потерянные литры”, %						
		“Вихрь-30”			“Вихрь-М”			
		№ гребного винта по табл. 1						
		1	2	3	4	1	4	
“Прогресс-2”	375	4/1	2/1	—	—	1/0	—	—
“Казанка-5”	370	3/2	2/1	0/0	—	19/0	10/4	
“Днепр”	320	2/4	0/4	—	—	17/1	—	
“Воронеж”	600	13/0	5/1	0/0	—	24/9	—	
“Крым”	580	2/2	0/5	—	—	19/0	—	
“Серебрянка”	500	3/2	1/2	—	—	22/1	—	
“Роса”	600	8/0	4/1	1/1	—	31/-	3/1	
“Кафа-2500”	780	—	—	12/15	1/7	—	—	

Выделенные полужирным шрифтом значения относятся к неудачным сочетаниям “винт — корпус”

черк в графе скорости означает, что с данной нагрузкой МЛ не выходит на глиссирование. В скобках указаны скорости, которые выше предельно допустимой для данного ГВ. Центровка характеризуется расстоянием от центра тяжести до транца, выраженным в долях наибольшей длины МЛ.

Кстати, сравнение данных табл. 3 с аналогичными данными, приведенными в “КиЯ” № 168, показывает, что введение упомянутых выше поправок, исключающих сопротивление подводной части “Вихря” для МЛ “Крым”, “Днепр” и “Серебрянка”, повысило оценки скорости их хода под ПМ “Вихрь-М” со штатным окрашенным ГВ № 1 в среднем почти на 20%.

Данные табл. 3 свидетельствуют, что на практике уменьшение диаметра штатного ГВ у “Вихря-30” редко оказывается целесообразным. А вот уменьшение шага расширяет сферу применения МЛ большого водоизмещения. Хотя, по видимому, желателен не столь радикальный переход от “штатного” шага 0.3 м к шагу 0.24 м (что подтверждают и данные этой же табл. 3 по грузовому ГВ № 4 на менее мощном “Вихре-М”). К сожалению, данные гидродинамических испытаний сменного “вихревского” грузового ГВ с шагом 0.282 м (“КиЯ” № 112) отсутствуют.

Значения (табл. 3) “транспортной” топливной экономичности конкретных МЛ подтверждают общий и достаточно парадоксальный вывод, сделанный в “КиЯ” № 171, о том, что этот показатель растет с увеличением водоизмещения (загрузки) глиссирующей МЛ. Кроме того, еще раз подтверждается вывод о том, что более мощный “Вихрь-30”, увы, уступает по транспортной экономичности “Вихрю-М” (по крайней мере, с ГВ № 1). Наконец, как видно из табл. 3, уменьшение диаметра ГВ не дает выиг-

рыша в транспортной экономичности.

Из табл. 3 следует, что полировка даже не в экономичном режиме полного хода благоприятно сказывается не только на скорости — ее средний прирост для МЛ таблицы составляет 5%, но и на “транспортной” топливной экономичности; прирост последней равен в среднем 3.2%.

\*\*\*

В табл. 4 приведены, образно говоря, оценки гармоничности “союза винта и корпуса” (“КиЯ” № 82) для “вихревских” ГВ и корпусов рассмотренных выше конкретных МЛ. При заданной скорости хода этот союз можно характеризовать, с одной стороны, недобором мощности по сравнению с предельной скоростью  $V_{пр}$  (“потерянные силы”), с другой — недоиспользованием ресурса топливной экономичности по сравнению с оптимальной экономичной скоростью  $v_0$  (“потерянные литры”).

Сведения о потерях мощности и экономичности, приведенные в табл. 4, выражены в процентах по отношению к паспортной максимальной мощности и наилучшей топливной экономичности  $e_0$  из табл. 2. Если считать, что 3%-ные допуски на величины потерянных сил и литров характеризуют “гармоничный” союз винта и корпуса, то выделенные в табл. 4 значения относятся к неудачным парам “винт—корпус”.

Как видно из табл. 4, практически все МЛ под “Вихрем-М” со штатным ГВ № 1 “глубоко несчастливы в своем союзе”: недобор мощности у этих пар порядка 20%(!), хотя с топливной экономичностью дело обстоит относительно благополучно. У “Вихря-30” с этим же ГВ № 1 существенно меньше средний недобор мощности — около 8% при практическом отсутствии потерь экономичности.

Полировка штатного ГВ, как и следовало ожидать, благотворно сказывает-

ся в первую очередь на использовании мощности — теперь потеря мощности равна в среднем всего лишь 2.8% (стала меньше в 3 раза!).

Наиболее гармоничен союз винта и корпуса у сильно нагруженных МЛ под ПМ “Вихрь-30” с обрезанным ГВ № 3; для МЛ “Прогресс-2”, “Казанка-5” и “Воронеж” с максимальной нагрузкой потери мощности вообще отсутствуют. Единственное исключение — не очень удачный корпус “Кафы-2500”, для которого потери мощности и экономичности превышают 10%. Правда, здесь ситуацию исправляет грузовой ГВ № 4 “Вихря-30”, который является также единственным “союзником” МЛ “Роса” с водоизмещением почти в тонну (950 кг), обеспечивая в обоих случаях незначительные потери мощности.

Итак, материал настоящей статьи, вместе с публикациями в “КиЯ” № 168, 171 и 173, дает нашему водномоторнику достаточно полное, как надеется автор, представление о ходовых характеристиках основных отечественных ПМ в сочетании с серийными отечественными МЛ. Возникает закономерный вопрос: а как быть с зарубежными ПМ и МЛ? Ведь информации об испытаниях этих ПМ и МЛ в опытовом бассейне, насколько известно автору, нет, и вряд ли она будет доступна, даже если фирмы-производители ею располагают. Где же выход?

Для МЛ такой выход почти очевиден — построение кривой буксировочного сопротивления на ходовых испытаниях, когда буксирный трос снабжен динамометром, так, как это было сделано, например, в “супертесте” на мерной миле “КиЯ” (№ 174) для надувных МЛ “трехметрового” класса. (Жаль только, что водоизмещение измерялось условными единицами — количеством человек, из-за чего нельзя, например, оценить гидродинамическое качество этих МЛ).

Оказывается, достаточно простой выход есть и для ПМ! И здесь нам тоже поможет журнал “КиЯ”: в № 84 за 1980 г. описан способ измерения упора ПМ (и, естественно, сопротивления глиссирующей МЛ, которое равно величине упора) с помощью датчика давления, помещенного между “ногой” ПМ и транцем МЛ. Этот способ был предложен инж. Л.М. Кривоносовым еще в 1960 г.! Поистине, новое — это хорошо забытое старое.

Хотелось бы надеяться, что найдется организация, заинтересованная в получении оценок ходовых возможностей зарубежных ПМ и МЛ — хотя бы с целью аргументированной рекламы. Автор с удовольствием примет участие в такой работе.

**Канд. техн. наук Вадим Елисеев,**  
г. Киев