

Алексей Даняев, Игорь Лагутин

ПОДВЕСНИК «ВПОЛГАЗА»

Малый моторный флот существует в России уже сто лет, но лишь в последние 10–15 лет наш массовый судовладелец столкнулся с проблемой оптимального подбора мощности. Огромное количество мотолодок, произведенных в былые годы либо по старым проектам, попросту нельзя нормально эксплуатировать в широком диапазоне мощностей по соображениям как устойчивости хода, так и прочности корпуса.



С появлением на внутреннем рынке более скоростных моделей, способных «переварить» допустимые мощности подвесных моторов, разброс которых достигает 50–70% и даже 100%, мы вправе задаться вопросом эффективности использования этой мощности в достигаемом весьма широком скоростном диапазоне. Ведь если на автомобиле есть коробка передач, то на судне с подвесным мотором мы вольны лишь в подборе характеристик гребного винта, позволяющих более или менее полно перевести в полезную работу немалый мощностной потенциал современных «подвесников». Неправильный подбор винта оборачивается на практике бесцельно сожженным топливом и нештатными нагрузками на двигатель, снижающими его ресурс. Но коль скоро производитель выпускает в продажу прочные лодки, допускающие существенную перегрузку мощностью, найдется и покупатель, который будет не прочь

погонять их «в полную ручку». Насколько оправдана установка заведомо более мощного мотора, если условия эксплуатации не позволят ходить в полный газ? В чем выиграет владелец настроенной на скорость техники в такой ситуации и в чем проигрывает? Рассмотрим варианты.

Случай 1: «перезаряженный» глиссер

Опыт нашего тестирования разнообразных моторных лодок говорит, что, как правило, при энерговооруженности выше 80–100 л.с./т (10–12 кг/л.с.) ненагруженная лодка «потребительского» уровня начинает вести себя неустойчиво – раскачивается, взлетает с волны, вводить ее в поворот с полного хода зачастую просто опасно. А вот нагруженное до номинальной грузоподъемности такое судно ведет себя добропорядочно и, если корпус достаточно мореходен, то с успехом преодолевает даже предельную штормовую волну.

Судя по отзывам владельцев разнообразных катеров на Интернет-форумах, наши люди, как правило, предпочитают иметь некоторый избыток мощности, ссылаясь на известную присказку о «прокладке между рулем и сиденьем». Оставим за скобками вопросы безопасности и ответственности при управлении скоростным судном и рассмотрим, насколько выгодными оказываются в подобном случае условия работы подвесного мотора и винта. Ведь при наличии мощного двигателя все промежуточные элементы привода – редуктор, винт – будут настроены именно на достижение высокой скорости, а развить ее удастся лишь при хорошей погоде и возможности пополнения запаса топлива. Однако в реальной жизни приходится экономить ресурсы и думать о безопасности экипажа, а значит, чаще ходить «вполгаза», в самом начале режима развитого глиссирования.

Почему речь именно о подвесных моторах? Сегодня множество покупателей и самодельных строителей малых судов предпочитают именно их стационарным по нескольким причинам: подвесной мотор – это готовое комплексное решение проблемы привода, он прост в монтаже и обслуживании, а современные четырехтактные подвесники не уступают по экономичности бензиновым стационарам. Но эта комплексность оборачивается узкой специализацией мотора, неприспособленностью к работе на неполных режимах с максимальной отдачей вследствие невысокого передаточного отношения редуктора, конструктивной ограниченности диаметра винта, смещенности максимума кривой момента в сторону повышенных оборотов.

Рассмотрим тестовый пример. Моторная лодка «Silver Husky» в популярном 6.3-метровом корпусе «Eagle» была испытана при неизменной небольшой нагрузке с четырьмя моторами «Suzuki»: мощностью 115, 140, 175 и 250 л.с. Поведение судна было подробно описано в №209, сейчас попробуем оценить эффективность работы винта в каждом из вариантов. Расчетных диаграмм для винтов с выхлопом через ступицу найти вряд ли удастся, поэтому для приблизительной оценки характеристик воспользуемся диаграммой зависимости коэффициента упора от относительной поступи винта с близкими параметрами: три лопасти, дисковое отношение равно 0.5, источник – «Справочник по малотоннажному судостроению» под редакцией В.Г.Мордвинова. Соппротивление корпуса определено по общей методике с использованием данных Д.Савицкого, замеренные скорость судна и обороты двигателя неплохо согласовались с данными диаграммы. Результаты расчета сведены в табл. 1, а на рис. 1 схематично представлены кривые действия винтов и их рабочие области для скоростей от начала глиссирования до максимальной скорости.

Как видно, легкая глиссирующая мотолюдка, какой является «Husky», хорошо приспособлена для использования совместно с высокооборотными подвесными моторами – все варианты показали высокое значение КПД на предельной скорости. С двумя человеками нагрузки и «Suzuki-175» эффективность винта шагом 23 дюйма достигла абсолютного максимума примерно в 70%* на диаграмме (относительное скольжение – около 10%), а 250-сильный мотор с винтом

* Здесь и далее значения КПД теоретические, без точного учета влияния корпуса. Нам важнее «почувствовать разницу» между вариантами. – Прим.А.Д.

Таблица 1. Моторная лодка «Silver Husky» под разными моторами

Характеристика	Полный ход	Крейсерский ход
ММ «Suzuki-115», винт 14×17" (356×432 мм, шаговое отношение 1.21)		
Скорость v , м/с	14.8	8.6
Обороты винта n , с ⁻¹	38.6	25.7
Скольжение винта $s = 1 - v/nH$, %	11	22
Поступь винта $\lambda = v/nD$	1.08	0.94
Упор P , кгс	270	200
Козф. упора $K_1 = P/\rho n^2 D^4$	0.111	0.189
КПД, %	73*	70
ММ Suzuki-140», винт 14×19" (356×483 мм, шаговое отношение 1.36)		
v , м/с	16.4	8.18
n , с ⁻¹	38.6	22.5
s , %	12	25
λ	1.19	1.02
P , кгс	285	198
K_1	0.120	0.247
КПД, %	75	71
ММ «Suzuki-175», винт 14.75×23" (375×584 мм, шаговое отношение 1.56)		
v , м/с	21.1	8.0
n , с ⁻¹	40	20
s , %	10	32
λ	1.41	1.07
P , кгс	350	205
K_1	0.111	0.260
КПД, %	75	67
ММ «Suzuki-250», винт 16×23" (406×584 мм, шаговое отношение 1.44)		
v , м/с	24.1	7.4
n , с ⁻¹	43.7	18.2
s , %	6	32
λ	1.36	1.0
P , кгс	420	199
K_1	0.081	0.220
КПД, %	74	68

большого диаметра, но того же шага даже вывел его за пределы зоны наибольшего КПД (скольжение – около 5%), но не слишком существенно.

Картина изменилась при обсчете характеристик экономичных скоростей в начале режима глиссирования. Под моторами в 115 и 140 л.с. «крейсерский» КПД винта снизился незначительно, примерно на 3–5%, что неудивительно, потому что выход на развитое глиссирование со скоростью 25–30 км/ч произошел только при около 3500–4000 об/мин и проскальзывании 20–25%, т.е. «рабочая зона» винта получилась довольно компактной и близкой к оптимальной. Зато под моторами в 175 и 250 л.с., с которыми лодка начинала глиссировать уже при 2000–2500 об/мин, значение проскальзывания винтов большого шага достигло 30%, а

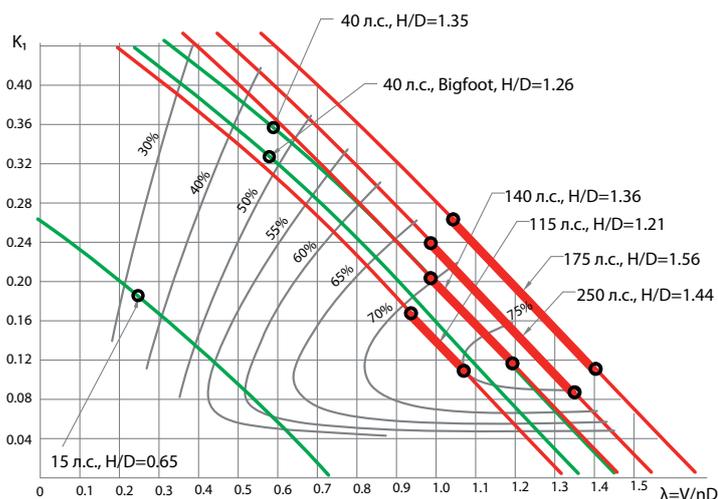


Рис. 1. Кривые действия винтов подвесных моторов при различных вариантах их использования.

Красные линии – «Silver Husky» под четырьмя различными моторами;

жирные линии – область рабочих скоростей от экономической до максимальной.

Как видно, чем выше мощность мотора, тем шире перекрываемый диапазон поступей винта и тем существеннее разница в его эффективности на разных скоростях хода.

Зеленые линии – подвесные моторы на тяжелой водоизмещающей шлюпке; отмечены рабочие точки, соответствующие наибольшей достижимой скорости при $Fr = 0.35$. Мотор в 15 л.с., работающий на полных оборотах, заметно уступает по эффективности винта мотору в 40 л.с. работающему в полгаза.

Таблица 2.

Шлюпка 9×3 м под разными моторами, $v = 3.1$ м/с, $P = 110$ кгс

Характеристика	Suzuki DF15»	Suzuki DF40	«Mercury 40 Bigfoot»
n, c^{-1}	45	18	16
λ	0.303	0.616	0.565
K_1	0.187	0.544	0.304
H/D	0.65	1.35	1.26
$s, \%$	17	54	55
КПД, %	37	42	48

КПД снизился уже на 7–8% (будем говорить об относительных значениях, поскольку точно определить абсолютный КПД по имеющимся в наличии диаграммам нет возможности). Казалось бы, немного. Но это замеры, сделанные налегке, при полной же нагрузке скольжение на «экономичной» скорости еще более возрастет, и можно говорить о том, что со скоростным винтом при длительном ходе в неблагоприятных условиях, например по 2–3-балльной волне, 10–15% топлива сгорит впустую, несмотря на более низкий его расход при пониженных оборотах мотора.

Вывод, в общем, не вызывает сомнений: если разрешенный производителем лодки диапазон мощностей устанавливаемых моторов широк настолько, что максимальная превосходит минимальную в два раза, то в целях энергосбережения не стоит брать самый большой мотор – он хорош только для того, чтобы погонять с ветерком. Для дальних походов во время рыбалки, в удаленные от цивилизации неизведанные места выбирайте мотор из расчета не более

50–100 л.с. на тонну полного водоизмещения и укомплектуйте его не только самым скоростным, но и «грузовым» винтом пониженного шага. С ним не стоит гонять пустую лодку на полный газ – это будет вариант еще более затратный по топливу, зато в длительном путешествии в разнообразных погодных условиях с ним удастся максимально сберечь топливо.

Случай 2: шаланда с подвесником

В силу упомянутой практичности подвесного мотора его с успехом устанавливают не только на быстроходные глиссирующие суда, но также на тихоходные водоизмещающие – парусные яхты, баркасы, шлюпки. Сторонники стационарных установок посмеиваются над таким решением, и небезосновательно. По причине высокооборотности и относительно малого диаметра винта подвесной мотор на водоизмещающем корпусе становится «миксером» и обеспечивает должный упор преимущественно за счет повышенной скорости отбрасываемой струи. Это неблагоприятно сказывается на эффективности его работы, но зачастую на такое решение идут по соображениям простоты монтажа мотора и максимального использования внутреннего пространства судна.

Проделаем аналогичный расчет КПД винта по той же диаграмме для условной шлюпки (из раздела «Мастерская» прошлого, 222-го, номера «Кия») размерами 9×3 м и водоизмещением 4.5 т (табл. 2). Расчет сопротивления по методике из того же «Справочника» показывает, что для достижения «предельной» скорости в 3.2 м/с, соответствующей $Fr = 0.35$, потребуются упор движителя, приблизительно равный 110 кгс, или около 4.5 л.с. буксировочной мощности. Стационарному двигателю для достижения такой скорости хватило бы мощности в 6–7 л.с., расчет же для подвесника говорит о том, что при общеупотребительных значениях диаметра и шага винта его КПД составит всего около 35–37%, т. е. потребуются уже 12 л.с. при работе мотора на полную мощность (расход топлива в час и на километр пути прикинуть несложно).

Но ситуация может несколько улучшиться, если в качестве привода использовать подвесной мотор заведомо большей мощности, используя его в том же «половинном» режиме. Рассмотрим мотор в 40 л.с. Диаметр винта для него составит не 235–240 мм, как в случае 15-сильного мотора, а уже около 280 мм. Требуемого упора он достигнет при 2500–3000 об/мин, а КПД винта подрастет до 42–45%. Тоже не бог весть что, но уже лучше, особенно если иметь в виду, что неиспользованный запас мощности очень и очень пригодится при наступлении неблагоприятных условий – сильного ветра, волны, течения. Наконец, у моторостроителей существуют серии подвесных моторов, специально предназначенных для низких скоростей хода – «Bigfoot» у «Mercury» или «High Thrust» у «Yamaha», отличающиеся повышенным передаточным отношением редуктора (2.33 против 2 у «Mercury») и увеличенным диаметром винта (более 13 дюймов против 11–12). Расчет показывает, что требуемые обороты в этом случае снижаются до 2000 и менее, а КПД винта подрастает до 45–48%. Следовательно, подвесной мотор на водоизмещающем судне проиграет в топливной эффективности стационарному, но есть шанс умень-

шить проигрыш, установив мотор заведомо более мощный и использовав только небольшую часть его потенциала.

С винтами разобрались, и со скоростью тоже. Однако как поведет себя сам мотор при длительной эксплуатации с «половинными» нагрузками? По существу, любой ДВС – будь то бензиновый двух-четырёхтактный или дизельный четырёхтактный умеренных рабочих объемов – неплохо чувствует себя в режиме «круизных оборотов», т. е. примерно от 30 до 75% мощности, более того, при длительной работе на максимальных оборотах у многих четырёхтактных моторах может появиться «хороший аппетит» в отношении масла.

Принято считать, что большинство ДВС, если их постоянно эксплуатировать в режимах, близких по оборотам к пику крутящего момента (плюс-минус 1500 об/мин для бензиновых версий), живут дольше, так как нагрузки на многие элементы мотора в данном случае невелики. Подобным образом работает ГРМ четырёхтактных моторов в менее суровых условиях. Для большинства двухтактных моторов эти

режимы также благоприятны, так как при них меньше страдает система выпуска, снижается нагрузка на подшипники ЦПГ и т.д. При этом отмечается значительное снижение расхода топлива по сравнению с режимом «в полный газ», что неудивительно, особенно для водоизмещающих корпусов с их монотонной зависимостью сопротивления от скорости. На более легком на ходу водоизмещающем судне, например, более удлиненном по сравнению с рассмотренным в примере, эффективность работы подвесника еще улучшится.

Что касается глиссирующих судов, то тут картина немного другая, в большей степени зависящая от корпуса (формы, веса и т.д.) и режима выхода на глиссирование. Если на лодке установлен мотор (четырёхтактный), относящийся к рекомендованным или «необходимо достаточным» для конкретного корпуса, а винт хорошо, с учетом скоростных показателей, подобран, то в этом случае режим мотора «от начала момента глиссирования» и до выхода на 75%-ную мощность можно считать благоприятным как для его ресурса, так и для расхода топлива и масла.

Игорь Лагутин

Вязкость моторного масла

Ассортимент масел различных производителей для четырёхтактных моторов, как стационарных, так и подвесных, в последнее время у нас стал достаточно широким, поэтому у пользователя часто возникает вопрос: «А какое лучше, в частности, по вязкости?». Четкого ответа на этот вопрос мы не дадим, но готовы поделиться некоторой информацией, которой обладаем.

На самом деле, если хочется prolongить жизнь мотору, неважно дизельный он или бензиновый, четырёхтактный или двухтактный, стационарный или подвесной, всегда стоит придерживаться инструкции по эксплуатации. Что же такого написано в этой самой инструкции? Как правило, производитель мотора дает рекомендации по применению моторного масла для каждой конкретной марки. К примеру, инструкция по эксплуатации современного четырёхтактного мотора мощностью 15 (20) л.с. производства «Tohatsu» (первая, что попала под руки) рекомендует использовать масла классификаций по API SF, SG, SH, SJ, SL и SM и конкретно масло классификации FCW 10W-30. Любопытно, что в спецификациях для моторов серий EPT также сказано о возможности применения этого масла FCW 10W-30/40.

Смотрим в раздел «Моторное масло»

и созерцаем таблицу соответствий вязкости масла по SAE. Что мы там видим? Мы видим графики, показывающие, какое масло и при какой температуре окружающей среды целесообразно использовать. «Десятка» говорит нам о том, что масло будет работать (возможно, при запуске не слишком хорошо) при температурах от -20°C , а «тридцатка» до $+30^{\circ}\text{C}$ или чуть выше. Индекс «сорок» соответствует температуре $+40^{\circ}\text{C}$ и чуть выше.

Берем в руки инструкцию по мотору «Honda» той же тактности и той же мощности. Для этого мотора производитель рекомендует использовать масла классов SG, SH, и SJ по классификации API и вязкостью 10W-30 по SAE. Опустим пока классификацию по API (очень нудная и неблагоприятная тема) и проанализируем деление



масел по SAE. Получается, что почти все производители четырёхтактных подвесных моторов советуют использовать масла вязкостью 10W-30 (или 40). Это закономерно, так как подвесной мотор работает, как правило, при температурах окружающего воздуха от -5 до $+30^{\circ}\text{C}$ или чуть выше (либо $+40^{\circ}\text{C}$ и выше). Известно, что температура воздуха у поверхности воды обычно ниже, чем температура воздуха над поверхностью песка или камней.

Так какое же масло все-таки использовать – 10W-30 или 10W-40? В принципе, на всей территории современной России и бывших республик СССР можно применять любое из этих двух, лишь бы оно было качественным,