

# ПОЛУПОГРУЖЕННЫЙ ВИНТ НА ПРОГУЛОЧНОЙ ЛОДКЕ

В позапрошлом номере, подвергнув беспристрастной оценке алюминиевые и стальные гребные винты, мы пришли к выводу, что «сталь» выигрывает у «алюминия» практически по всем параметрам, за исключением разве что цены. В заключение упоминалось, что такое немаловажное качество стальных винтов, как меньшее сечение (толщина) лопастей, позволяет использовать их в полупогруженном режиме, что дает дополнительные резервы истинным ценителям скорости. Сегодня выполняем обещание рассмотреть этот вопрос более подробно. Нашему постоянному консультанту Александру Беляевскому подобная тема, пожалуй, наиболее близка – благодаря подготовленным им винтам, работающим в полупогруженном режиме, гонщики СССР и России одержали немало важных побед.



**Д**ля начала – пара замечаний общего характера, что называется, из области «ликбеза». Во-первых, не воспринимайте термин «полупогруженный» чересчур буквально – он вовсе не свидетельствует о том, что поверхность воды на ходу должна делить диск винта строго пополам. Полупогруженным или частично-погруженным винт можно с полным правом именовать и в том случае, когда в воздухе оказывается даже относительно небольшой сегмент его диска. Во-вторых, вынуждены опровергнуть распространенное мнение о том, что полупогруженные винты хороши, как говорится, «сами по себе». Нет, это скорее вынужденная мера, сопряженная с рядом отрицательных побочных эффектов – но, тем не менее, приносящая свои плоды. Конечно, и сам винт обладает сопротивлением, которое можно частично уменьшить при помощи поднятия его из воды, но ценителей скорости в первую очередь интересует сопротивление выступающих за днище частей трансмиссии – наклонного вала, угловой колонки или, в нашем случае, «ноги» подвесного мотора. Поднимая их из воды, мы вынуждены автоматически поднимать и гребной винт, превращая его в полупогруженный.

## Что мы получаем

Полупогруженный гребной винт мы используем исключительно ради ско-

рости. Только скорости, и ничего другого. Причем разница по сравнению с обычным «погруженным» вариантом оказывается довольно существенной – в самом простом «потребительском» варианте можно смело рассчитывать на прибавку порядка 10–25%, а если «упереться», не жалея сил, времени и денег на эксперименты, то и значительно большую. Для водно-моторных гонок используются лишь полупогруженные винты. Вот пример из советских времен: если наиболее распространенный тогда «тандем» – легкая «Казанка» плюс «Вихрь-30» – выдавал максимум 45–50 км/ч, то гоночная мотолодка с той же «тридцаткой» и специально подобранным полупогруженным винтом легко разогналась до 105–110 км/ч. Как говорится, почувствуйте разницу!

Но все-таки мы не забываем, что большинство читающих эту статью – не профессиональные гонщики, а просто ценители скорости (как, впрочем, подавляющее число соотечественников). Гоночная лодка годится только для гонок и ничего иного, а ваша лодка, которую вы хотите заставить двигаться быстрее, должна все же сохранить свои «прогулочные» и прочие потребительские свойства. Так что если надумаете воспользоваться нашими рекомендациями, отнеситесь к решению задачи взвешенно, за максимальными скоростными показателями не гонитесь и не отставляйте без внимания раздел,

освещающий побочные эффекты, с которыми сопряжено использование полупогруженного винта – большей частью отрицательные.

Кроме того, опыт свидетельствует, что на определенном этапе упомянутые затраты времени, сил и денег будут расти по сравнению с приростом скорости в геометрической прогрессии. В частности, «магазинный» стальной винт при слишком высокой его установке может уже оказаться неэффективным – потребует его серьезная доработка, с которой без помощи специалиста вы вряд ли справитесь.

Но пока о том, за счет чего достигается ощутимая прибавка в скорости.

Мы уже упоминали, что в нашем случае (поскольку речь идет в первую очередь о серийных прогулочных лодках) нас больше интересует сопротивление, создаваемое «ногой» подвесного мотора – чтобы уменьшить его, мы и поднимаем подвесник из воды. Правда, здесь есть существенная тонкость. Дело в том, что сопротивление, создаваемое на ходу подводной частью мотора, распределяется по ее высоте неравномерно. Наиболее существенную долю в общее сопротивление вносит зона антикавитационной плиты (рис. 1, а). Приведенная эпюра, естественно, довольно условна, но в общем и целом соответствует действительности.

Таким образом, для достижения ощутимого эффекта достаточно для на-

чала поднять над водой лишь антикавитационную плиту, которая в обычных условиях предназначена для защиты полностью погруженного винта от прорыва атмосферного воздуха и предотвращения кавитации (рис. 1, б).

Поскольку и лодки, и применяемые моторы могут значительно различаться, какие-либо конкретные советы давать трудно. Можем назвать лишь ориентировочный диапазон подъема плиты над срезом транца, который можно рекомендовать для прогулочных моторлодок – 40–100 мм.

При этом, если хотите обойтись «малой кровью», постарайтесь подобрать высоту так, чтобы диск винта выступал над срезом транца и, соответственно, срывающимся с него на ходу потоком воды не более чем на четверть диаметра. Понятно, что при подъеме антикавитационной плиты на одну и ту же высоту – скажем, на 100 мм – у маленькой «тридцатки» винт больше выйдет из воды, чем у могучей «двухсотки» (рис. 2).

Не забывайте: для достижения высокой скорости необходим соответствующий кормовой дифферент, который на современных прогулочных лодках подбирается при помощи триммера с гидрореприведением. Поэтому при расчетах и обмерах необходимо помнить, что гребной вал будет располагаться на ходу относительно продолжения килевой линии под некоторым углом. Конечно, все зависит от особенностей конкретного корпуса, но спортсмены обычно ориентируются на его величину порядка  $3^\circ$  (рис. 3).

А зачем нам вообще частично «обнажать» еще и винт, ведь тормозящую ход антикавитационную плиту мы из воды убрали?

Дело в том, что здесь начинают работать сразу несколько существенных факторов, взаимно влияющих друг на друга.

Напомним основные положения, которые мы приводили в статье «Выжимаем скорость», опубликованной в № 195. Если иметь в виду исключительно силовую установку (двигатель и движитель), то скорость лодки определяют всего два показателя: частота вращения гребного винта и его шаг. Заодно напомним простенькую формулу, по которой вычисляется теоретически достижимая (т.е. без учета проскальзывания гребного винта) скорость глиссирующей

лодки:  $V_t = 0.001524nhk$ , где  $V_t$  – «идеальная» скорость, км/ч,  $h$  – шаг винта, дюймы,  $n$  – рабочая частота вращения коленвала, об/мин и  $k$  – передаточное отношение понижающего редуктора, обычно отражаемое в виде дроби, например, 12:37.

Снижение сопротивления подводной части мотора, грубо говоря, «облегчает» саму лодку, что находит свое отражение в увеличении оборотов мотора – если до ее подъема они были на верхнем пределе, установленном инструкцией (5800–6200 об/мин в зависимости от марки и модели), возможен перекрут. Соответственно, чтобы привести их в норму, необходимо использовать винт большего шага – вот вам первый резерв увеличения скорости.

Но ведь и сам винт обладает сопротивлением! Поднимая его из воды, мы это сопротивление уменьшаем, делая его более «легким». Это вторая, независимая от первой причина, по которой приходится увеличивать шаг винта – скоростной резерв номер два.

Правда, с сопротивлением, которое создает гребной винт, не все так просто. Если взять «крайние точки» – вращение полностью в воде и полностью в воздухе – ситуация вроде ясна. В первом случае сопротивление максимально, во втором – минимально. Казалось бы, если постепенно поднимать винт из воды, сопротивление будет плавно изменяться от максимума к минимуму, но это далеко не так. До определенного момента сопротивление и впрямь исправно падает (рис. 4), но, когда ось его вращения поднимается выше поверхности воды, ситуация в корне меняется – винт настолько «затяжеляется», что мотор, который только что «перекручивал», оказывается не в состоянии выйти на рабочие обороты! Гидродинамика – штука тонкая, теоретизировать по этому поводу не будем, но факт есть факт, и спортсмены, экспериментирующие с полупогруженными гребными винтами, с таким явлением не раз сталкивались\*.

Кстати, для справки: согласно правилам распространенного гоночного

\* Мы намеренно не вдаемся в теорию, так как работа обычного полностью погруженного винта происходит в стационарном потоке; полупогруженный винт, находящийся на границе раздела двух сред вода–воздух работает в нестационарном потоке, где иные законы и, соответственно, иная геометрия винта.

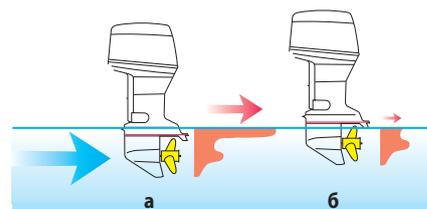


Рис. 1. Сопротивление, создаваемое подводной частью мотора, распределяется по его высоте неравномерно. Наибольший вклад в него вносит зона антикавитационной плиты (приведенная на рисунке эпюра условна). Поэтому для достижения ощутимого эффекта достаточно просто приподнять плиту над транцем (б).

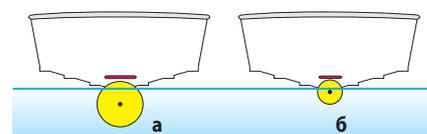


Рис. 2. При одной и той же высоте положения антикавитационной плиты относительно транца у маленькой мотора (б) винт сильнее выйдет из воды, чем у большого (а).

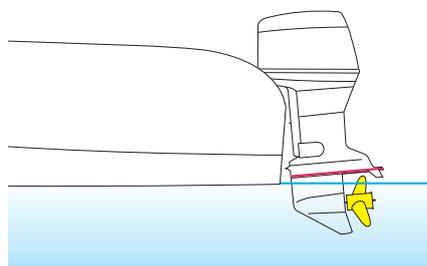


Рис. 3. Рассчитывая, насколько винт выйдет из воды при том или ином положении мотора, не забывайте, что оптимальный ходовой дифферент достигается за счет его откидки. Спортсмены обычно ориентируются на ее величину порядка  $3^\circ$ .

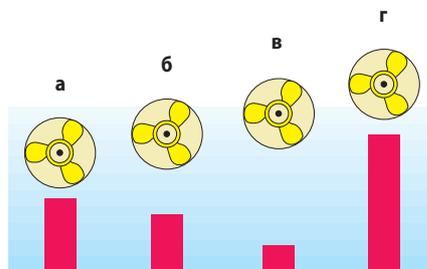


Рис. 4. Приподнимая винт, вначале мы действительно добиваемся уменьшения создаваемого им сопротивления (б, в). Но стоит гребному валу оказаться над водой, как сопротивление, наоборот, начинает расти – причем настолько, что при слишком высокой установке мотор может и вовсе не выйти на рабочие обороты!

**КСТАТИ:**

На патрульном перехватчике «FB RIB 33» знаменитого Фабио Буцци, предоставленном для редакционных испытаний (см. № 181), мы развили скорость около 70 уз (130 км/ч). Такой показатель был достигнут не только благодаря высокой суммарной мощности моторов (600 л.с.), но и приводам «Ring Drive» с полупогруженными винтами. От лодки такого назначения требуется не только высокая скорость, но и хорошая приемистость, поэтому при разгоне и на переходных режимах использовалась первая передача двухскоростных коробок передач «ZF», компенсирующая снижение упора винтов большого шага при относительно низких оборотах моторов.

класса Т-550, ось гребного вала должна располагаться ниже килевой линии на расстоянии не менее 10 мм от ее продолжения.

В случае с прогулочной лодкой от таких «запредельных» вариантов советуем воздержаться – это позволит избежать как серьезных технических проблем, так и принесения в жертву скорости целого ряда потребительских качеств лодки, к которым вы привыкли во время использования полностью погруженного винта. При подъеме мотора и винта более какого-то определенного предела за каждый километр в час придется буквально бороться, так что если есть желание идти до конца, будьте к этому готовы.

**Что мы теряем**

Увы, но за все приходится платить, и не только деньгами. За скорость на воде – тем более. Использование полупогруженного винта действительно помогает нам двигаться быстрее, но при этом надо быть готовым к тому, что рядом довольно существенных показателей придется поступиться. И так, каких же ждать проблем? Перечислим основные буквально по пунктам, разделив условно на «потребительские» и «технологические».

К первой категории отнесем в первую очередь изменения ходовых качеств – поведение лодки, ставшей на полном ходу более резвой, будет заметно отличаться от привычного.

Прежде всего, сразу обратит на себя

внимание затрудненный, более «вялый» выход на глиссирование – наш полупогруженный винт в этот момент может быть полностью погружен в воду, но увеличенный шаг обязательно даст о себе знать. На переходных режимах возможны также кавитация и необъяснимые «подхваты воздуха». По этой же причине противопоказана высокая нагрузка – высокая скорость и большая компания с неподъемным багажом не

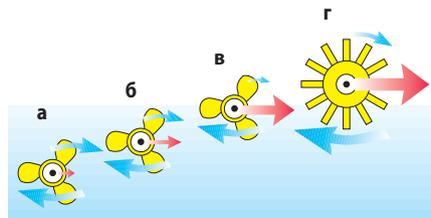


Рис. 5. Полупогруженный винт отличается повышенной величиной бокового увода – его можно сравнить с паровозным колесом, установленным поперек корпуса (в, г)

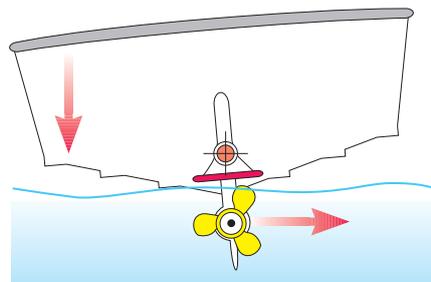


Рис. 6. Сильный боковой увод полупогруженного винта вызывает заметный ходовой крен – в роли своеобразного «рычага» выступает «нога» мотора, кренящая лодку вокруг некоторой точки вращения, обозначенной на рисунке красным кружком.

особо-то совместимы. буксировке лыжников, «бананов» и тому подобного тоже, скорее всего, придется забыть.

Ждите определенных проблем и с управляемостью. Такой побочный эффект, как боковой увод – на лодке с «нормально» установленным мотором практически незаметный – проявит себя во всей красе. Ведь полупогруженный винт не только толкает лодку вперед, но и действует подобно паровозному колесу, установленному поперек (рис. 5). Помимо «паразитных» усилий на штурвале и разницы в поведении лодки при левых и правых поворотах вы наверняка заметите ходовой крен (при использовании винта правого вращения – на левый борт).

Кренящий момент заметно увеличивается, так как вход лопасти в воду сопровождается не только повышенным брызгообразованием, но и значительными динамическими нагрузками (рис. 6). особенно заметен этот эффект на корпусах с обводами «глубокое V». Ни водителю, ни пассажирам движение с креном удовольствия не доставляет, но гораздо важнее, что в такой «позе», во-первых, увеличивается смоченная поверхность корпуса, вызывая дополнительное сопротивление и снижая скорость, а во-вторых, в волну килеватая лодка фактически превращается в плоскодонку, испытывая жесткие удары. Из-за того, что поднятая из воды колонка образует более короткий рычаг, лодка может неохотно реагировать на триммер и даже при откинутой колонке

будет продолжать рыть воду носом, что сведет преимущество полупогруженного винта на нет.

Впрочем, с некоторыми из перечисленных проблем можно бороться – как перераспределением груза, так и чисто техническими мерами (об этом – чуть ниже).

С «технологической» точки зрения перевод винта на полупогруженный режим работы тоже сопряжен с рядом трудностей. Начать с того, что надо переставлять мотор по высоте.

Расположение крепежных отверстий подвески большинства современных подвесников, особенно мощных, обычно позволяет установить мотор чуть повыше или чуть пониже, но для решения нашей задачи даже в «умеренном» варианте диапазона все равно не хватит – в транце придется сверлить дополнительные отверстия. Чтобы не превратить его в решето, все необходимо рассчитать заранее и вообще действовать по принципу «семь раз отмерь, один раз отрежь». Не исключено, что транец придется еще и наращивать по высоте, причем с соблюдением общей прочности конструкции (просто проложенный поверху брусочек будет лишь чисто декоративным элементом, не исключающим возможности поломки транца из-за перераспределения усилий).

Для борьбы с наиболее неприятным побочным эффектом – ходовым креном, способным также усугублять боковой увод, вызываемый непосредственно вращением полупогруженного винта, можно попробовать чисто спортивный способ: сместить мотор немного вбок от ДП (в случае с наиболее распространенными винтами правого вращения – в сторону правого же борта). Вес подвесника компенсирует крен (рис. 7). Напомним, что с этой же целью и пост управления на большинстве лодок расположен справа. Моторы мощностью 150 л.с. и выше советуем смещать от ДП на 100–110 мм.

Кстати, идеальным вариантом для использования полупогруженных винтов на прогулочной лодке является двухмоторная установка с винтами противоположного вращения – в этом случае от большинства перечисленных проблем с управляемостью вы будете избавлены.

Если вы остановились на максимально возможной высоте установки мотора, обязательно убедитесь, что

будет сохранен бесперебойный доступ заборной воды в систему охлаждения. Как правило, штатные заборные окна большинства современных подвесных моторов это условие обеспечивают. Даже если замер контрольной рейкой, приложенной к кормовой части днища, показывает, что теоретически они могут частично оказаться над водой, не забывайте, что конфигурация «торпеды» редуктора может все равно обеспечить их эффективное замывание на ходу. Но если во время ходовых испытаний выяснится, что охлаждение не работает или действует с перебоями, придется снабдить систему выносным заборником на шланге, крепящимся к корпусу (заборник, естественно, должен и сам обладать минимальным сопротивлением, иначе вся затея с подъемом мотора теряет всякий смысл).

Как уже отмечалось, повышенный боковой увод полупогруженного винта создает и более заметные усилия на штурвале (при использовании тросового привода управления поворотом). Поэтому желательно использовать более «мощную» рулевую машинку, чем предусмотрено инструкцией, а в идеале – «гидравлику» или вообще систему с гидроусилителем.

И под конец мы приберегли «про-

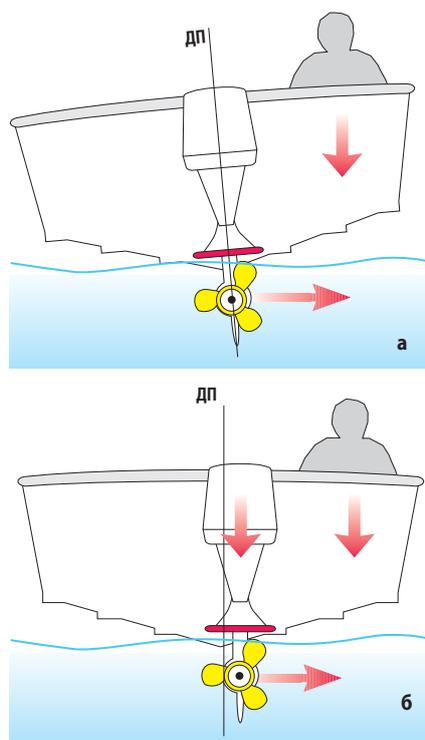


Рис. 7. Смещение массивного подвесника в сторону от ДП «нагружает» соответствующий борт и частично компенсирует крен (б)

блему номер один» – а именно, необходим сам винт, уверенно работающий в полупогруженном режиме. В «умеренном» варианте можно воспользоваться серийными стальными гребными винтами (хотя тоже не всякими) – например, «Ballistic», но если мотор поднят достаточно высоко, для достижения желаемого эффекта необходим специальный винт – как правило, изготовленный на основе подходящего серийного. Вообще-то это тема отдельного разговора, но сейчас в двух словах скажем, что наиболее подходящим для использования в таких целях является многолопастный винт большого шага с относительно небольшим дисковым отношением (т.е. с узкими клиновидными лопастями-ножами) – вроде того, что изображен в начале статьи. Предупредим также, что без помощи специалиста с его изготовлением справиться нелегко, а в ходе экспериментов придется не раз и не два выходить на воду, чтобы добиться успеха.

### Краткие выводы

Итак, использование полупогруженного гребного винта преследует исключительно скоростные задачи (правда, можно еще говорить и об экономии топлива – применительно к пройденному расстоянию). Тем, для кого лишние деления на спидометре или более «увесистые» цифры на экране навигатора не особо важны, советуем в подобной области не экспериментировать, тем более что использование таких винтов сопряжено с рядом побочных эффектов, способных для кого-то полностью испортить удовольствие от водных прогулок. Но если вы все же решитесь рискнуть, то обязательно взвесьте все «за» и «против» и не пытайтесь с ходу превратить прогулочную лодку в гоночный болид. Для начала опробуйте «умеренный» вариант, при котором диск винта выступает над водой не более чем на одну шестую – одну четвертую диаметра. Чем выше вы поднимаете над водой винт и мотор, тем сильнее проявляют себя перечисленные проблемы и тем больше лодка теряет в своей универсальности. Нередко положительный эффект приносит даже незначительная перестановка мотора по высоте за счет использования соседних отверстий подвески – такая мера позволит «разгрузить» тяжеловатый винт, вывести мотор на рабочие обороты и получить прибавку в скорости.