

› Евгений Данилов

Полнонапорный водозаборник – хорошо это или плохо?

Особенности применения специальных водометных конструкций, использующих скоростной напор среды на движущемся судне, в настоящее время далеко не до конца исследованы. Можно услышать разные мнения специалистов по этому вопросу. Одни утверждают, что установлено бесспорное положительное влияние полного напора на тяговые характеристики движителя, другие стоят в оппозиции и заявляют обратное: пробовали – не получилось. Но, как пробовали и почему не получилось, нигде, к сожалению, четко не говорится. Не систематизированы и результаты многочисленных испытаний и, самое главное, нет четких выводов и конкретных рекомендаций, при каких условиях можно достичь требуемого эффекта.

Водометные движители могут оборудоваться водозаборными устройствами статического и полнонапорного типа. У статических водозаборников плоскость входного отверстия практически параллельна направлению внешнего потока, а у полнонапорных – нормальна ему.

Необходимо определиться, водомет с каким водозаборником можно назвать полнонапорным, ведь существуют конструкции, у которых скоростной напор воспринимается полной площадью диска импеллера, но есть и технические комбинации, где лобовое воздействие скоростного напора используется лишь частично. Условимся, что любая доля площади гидравлического сечения, нормально направленного к внешнему потоку и воспринимающего воздейст-

вие скоростного напора, позволяет назвать водометный движитель полнонапорным. Какой величины будет эта доля в каждом конкретном случае – уже другой вопрос, важно, какие цели при этом преследуются. Можно констатировать, что теоретическое решение об использовании полного напора должно быть связано с конструкцией движителя и кормовой оконечности скоростного судна, представляющих собой неразрывный технический симбиоз.

Далее надо четко определить, какие параметры движителя следует учитывать при использовании полнонапорной конструкции, и к каким ожидаемым последствиям она может привести?

Установим первое. Скоростной напор, воздействующий на гидравлическое сечение водомета, приводит в итоге к повышению давления в диске импеллера. Это обстоятельство отодвигает порог возможной кавитации насосного агрегата в таких условиях, как преодоление «горба сопротивления» при разгоне судна, и в условиях возможного прорыва воздуха при движении на волнении. Модельные испытания показывают, что даже при некотором оголении статического водозаборного устройства характеристики движителя резко изменяются. Снижаются тяга и момент на гребном валу, что приводит к уменьшению тяги и скорости судна, а при использовании водомета на судне с подводными крыльями (СПК) – к срыву режима движения на крыльях. В отличие от статического давления, повышенное на входе в полнонапорный водозаборник препятствует засасыванию воздуха в гидравлическое сечение водопроточного канала. Модельными испытаниями установлено, что уже при частичном использовании площади полного напора устраняется возможность проникновения воздуха к



насосному агрегату.

Эффективность полнонапорного водозаборника в части противодействия прорыва воздуха к импеллеру водомета подтверждается успешной эксплуатацией ряда СПК и скоростных водоизмещающих судов, оборудованных водометными движителями мощностью до нескольких тысяч лошадиных сил.

Большой интерес вызывает возможность использования полнонапорных устройств на ряде катеров, у которых под днищем предусмотрено образование воздушных или газовых каверн, а также на глиссирующих катерах с поперечными реданами. Часто можно слышать сетования конструкторов, что вот, казалось бы, «прокатали» на расчетном режиме корпус судна, установили водомет, характеристики которого известны, а скорость расчетную не получили. А от того и не получили, что внешне кавитационное явление прорыва воздуха в водомет вообще незаметно. При этом повышенная динамика работы насосного агрегата движителя внешне также никак не проявляется, хотя движитель будет потреблять расчетную мощность (или близкую к ней), при скорости меньше предусмотренной, что объясняется инерционными потерями вращающихся частей водомета и присоединенных масс воды.

Следует заметить, что увеличение давления перед входом в полнонапорный водозаборник не приводит к появлению дополнительного сопротивления, поскольку на его кромках происходит снижение давления, создающее тянущую силу. Теоретически она может быть определена следующим выражением:

$$P_T = (1 - \bar{V})^2 \cdot \frac{1}{2} \rho V^2,$$

где $\bar{V} = \frac{V_1}{V_2}$;

V_1 – скорость потока в водозаборнике;
 V_2 – скорость набегающего потока;
 ρ – плотность среды.



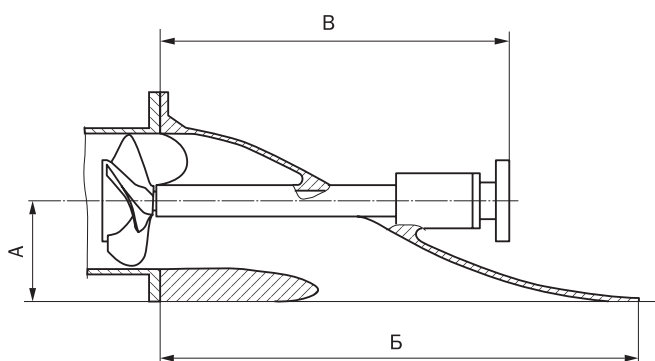


Рис. 1. Водозаборник статический

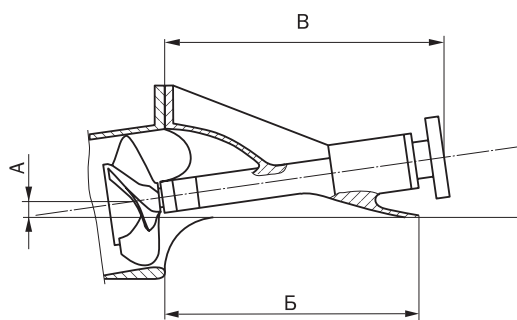


Рис. 2. Водозаборник полнонапорный

Из первого выражения понятно, что, чем меньше величина относительной скорости \bar{V} , тем выше значение тянущей силы P_T , что особенно проявляется при полнонапорном водозаборнике, способствуя при этом повышению пропульсивного КПД.

Дополнительно отметим, что, поскольку на боковых стенках водозаборника реализуется тянущая сила, его лобовая площадь должна быть такой, чтобы снижение давления не привело к возникновению кавитации. Теоретические способы определения этой площади общеизвестны.

Итак, мы отметили два положительных момента применения полнонапорного водомета:

- отдаление порога возможной кавитации или полное ее устранение;
- возможность повышения пропульсивного КПД.

Существует и третий момент положительного влияния полного напора – это конструктивный фактор, который также приводит к увеличению КПД движителя. Дело в том, что для увеличения площади лобового воздействия на диск импеллера его ось должна быть заглублена, и при этом она будет ниже ватерлинии. Очевидно, что при этих условиях может быть значительно уменьшен статический подъем воды, проходящей по водопроточному тракту. Излишне констатировать, что и эта «возвращенная» часть энергии будет служить увеличению пропульсивных качеств судна. Одновременно

геометрия водозаборника упрощается с сокращением габаритов, массы и потери водоизмещения судна.

Для примера представим конструкцию статического и полнонапорного водозаборника (рис.1 и 2).

Как видно из рисунков, высота подъема воды A , габариты B и B – далеко не в пользу статического водозаборника. Также очевидно, что гидравлическое сопротивление набегающему потоку в полнонапорном водозаборнике практически отсутствует, а сопротивление его части, выступающей за днищем, при обтекании внешним потоком определяется лишь силами трения.

Отрицательной стороной водометов с полным напором является то, что ниже днища судна будет присутствовать выступающая часть, полностью отсутствующая у статических водозаборников. Вместе с тем, использование определенных конструктивных решений позволяет исключить это обстоятельство. Например (рис.3), транцевая часть киля судна может быть выполнена с повышением к корме, с углом подъема, обеспечивающим условие безотрывности потока, омывающего днище.

Кроме того, в случае применения двухвальной системы при V-образной кормовой оконечности судна эта часть тоже не будет выступать за основную плоскость (рис.4).

Идея использования в водометном движителе полнонапорного водозаборного устройства не нова, в СССР в начале 70-х гг. XX в. ей было уделено

особое внимание. Повышенный интерес полнонапорные водозаборники представляли для надводных скоростных кораблей ВМФ СССР, создание которых, к сожалению, ограничилось опытно-конструкторскими работами. В практике известны экспериментальные образцы быстроходных кораблей с динамическим принципом поддержания, оборудованные водометными движителями с полнонапорными водозаборниками, которыми занимался только военно-промышленный комплекс.

Одним из ярких примеров использования полного напора может являться водометная подводная лодка Великобритании типа «Трафальгар». В соответствии с военно-промышленной программой количество субмарин этого проекта должно быть не менее восьми единиц.

Водометы с полнонапорными водозаборниками применялись и в подводном оружии, например, в торпедо МК-48 (США).

Известны конструкции водометных движителей с полным напором, устанавливаемые в виде подвесного мотора. Однако эти изделия относятся к экспериментальным образцам, разработанным отечественными любителями маломерного судостроения.

В заключение отметим, что необходимость применения полнонапорного водозаборника на судне должна быть конкретизирована и реализована в зависимости от поставленных задач.

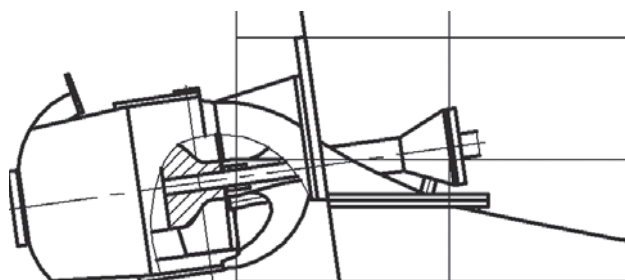


Рис.3. Вариант полнонапорного водозаборника, не выступающего за основную плоскость

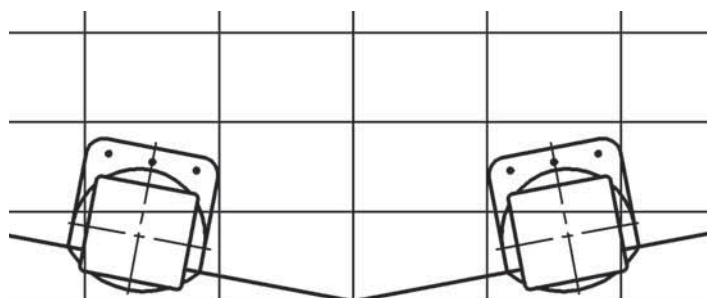


Рис.4. Двухвальная система при V-образной кормовой оконечности