

# В борьбе за эффективность

Проектирование судна связано с точными расчетами и подробным техническим анализом всех его подсистем, любая упущенная мелочь может привести к неприятным последствиям. Ошибки при проектировании водометных комплексов часто приводят к двум проблемам – кавитации и аэрации двигателя. Разберемся с ними.

Свои комментарии «Катерам и Яхтам» дает ведущий специалист ООО «Кронштадт» по подбору водометных двигателей (ВД) **Тимур Аппазов**.



Катер с двигателями HamiltonJet в условиях аэрированной воды

**К**авитация и аэрация – два фактора, которые в различной степени влияют на производительность водометных двигателей (ВД), но имеют совершенно разную природу. Понимая сущность этих явлений, судостроители смогут минимизировать их вредные последствия.

## Аэрация

Аэрацией применительно к двигателям называется процесс, при котором воздух попадает в ВД вместе с поступающей водой через водозаборник и далее может пойти в области низкого давления до лопастей рабочего колеса, что приводит к уменьшению потока воды

и, как следствие, к снижению упора и производительности ВД. На практике небольшое количество воздуха всегда попадает в поток – вследствие смешивания воды с воздухом в носовой волне у корпуса. Воздух в потоке проходит под днищем в водозаборник водомета, который обычно справляется с ним без потери производительности. О недопустимом повышении аэрации может свидетельствовать рост оборотов двигателя при одновременном снижении скорости судна. Для обеспечения расчетного упора конструкторам и строителям стоит учитывать факторы, повышающие уровень аэрации, чтобы минимизировать ее воздействие:

- V-образные корпуса с малой осадкой создают носовую волну, более насыщенную воздухом, который попадает во входное отверстие водомета, в то время как корпуса с большей осадкой и более заостренным носом создают меньшую аэрацию;

- многокилевые корпуса, в особенности тримараны, могут захватывать воздух из тоннелей между корпусами;

- реданы, наружные кильсоны и гидролыжи могут вести к попаданию воздуха в ВД;

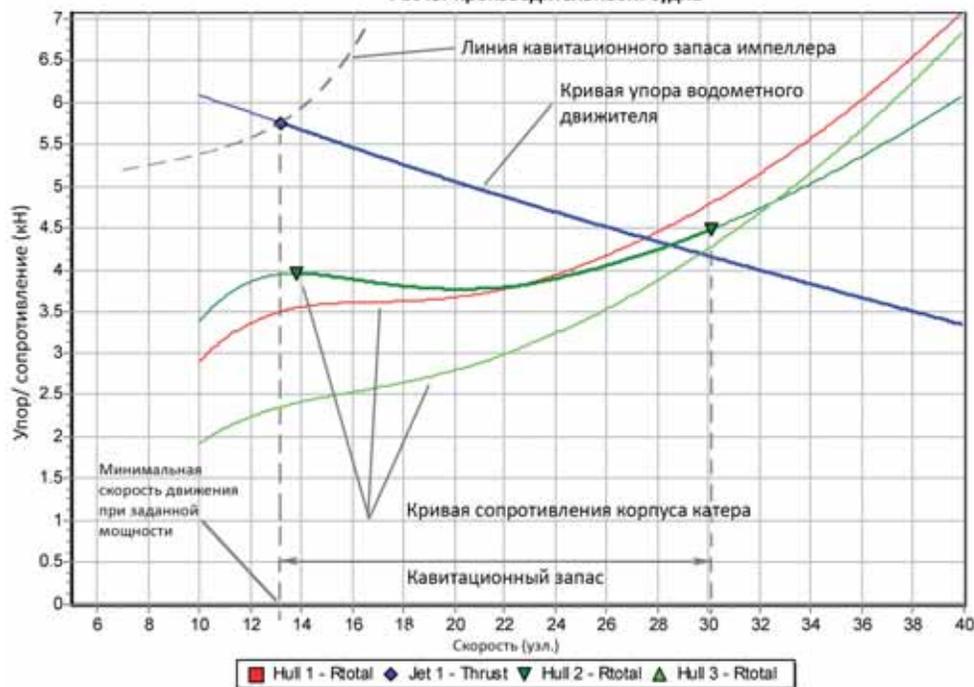
- выступающие части, шпигаты и т.д., расположенные перед водозаборником ВД, могут приводить к аэрации, направляя в ВД насыщенный воздухом поток воды;

- к попаданию аэрированного потока в ВД может привести излишний угол ходового дифферента;

- при установке водометного комплекса в корме на днище не должно образовываться ступенек и неровностей.

На способность противодействовать аэрации ВД также влияют его рабочие параметры. При высоких скоростях хода в водозаборнике возникает положительное гидродинамическое давление, при котором пузырьки воздуха уменьшаются непосредственно перед попаданием в зону рабочего колеса, что снижает негативное воздействие аэрации на упор. Однако при низких скоростях и одновременно высокой мощности на валу двигателя (например, при скоростях выхода на глиссирование) давление на входе в ВД очень низкое, и при попадании к рабочему колесу пу-

Расчет производительности судна



зырьки быстро увеличиваются в размере. В этих условиях даже небольшое количество воздуха может привести к срыву потока – тогда реактивная тяга заметно снижается, а обороты двигателя увеличиваются.

Аэрация может быть также вызвана не только конструктивными особенностями конкретного катера, но и внешними факторами, такими как «белая вода» в бурных реках. В некоторых регионах аэрированная речная вода – абсолютно обычное явление. Чтобы работать в таких условиях, нужны принципиально новые решения. Так, компания HamiltonJet внедрила в свои продукты ряд технических решений, которые позволяют уменьшать влияние воздуха на эффективность движителя и катера в целом.

### Кавитация

В отличие от обычных гребных винтов, кавитация которых возникает на больших скоростях, ВД могут столкнуться с кавитацией на низких скоростях. Кавитация – это явление быстрого формирования и распада паровых пузырьков, которые возникают в результате локального падения давления, обычно связанного с высокими локальными скоростями. Воздействие смыкающихся пузырьков пара на металлические поверхности приводит к возникновению очень высокого местного давления (до 1000 МПа), которое большинство материалов не выдерживает. От кавитационной эрозии страдает рабочее колесо водометного движителя, а в худшем случае – и лопасти статора, и сопло.

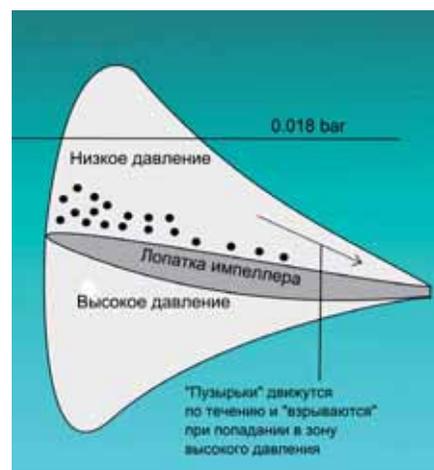
Кавитация возникает в водометных движителях при следующих условиях:

- избыточная мощность при низких скоростях движения;
- водозаборник частично заблокирован мусором или имеет недостаточное сечение;
- воздействие выступающих частей, которые могут вызвать срыв потока в водомете;
- скругленные кромки или поврежденные лопасти рабочего колеса;
- излишний дифферент и повышенная нагрузка.

Частой причиной кавитационных повреждений становится буксировка судном с ВД другого судна, либо перегруз, при котором требуется длитель-

ная работа на большой мощности. Если в таких условиях возникает кавитация, ее можно устранить медленным повышением скорости, включая полную мощность только при достижении, например, 20 уз. Альтернативным вариантом снижения сопротивления является уменьшение нагрузки судна, перемещение центра тяжести либо регулировка дифферента. В некоторых случаях небольшая кавитация может быть устра-

Пример кавитационной эрозии лопаток импеллера водометного движителя



нена установкой водомета с меньшим диаметром импеллера.

Лучшим решением проблемы кавитации будет правильный выбор водомета под задачи, выполняемые судном – еще на стадии его проектирования, а также тщательный контроль веса судна во время строительства. Для снижения риска кавитации необходимо обратить особое внимание на следующие характеристики ВД:

– большая площадь поверхности лопастей рабочего колеса (широкие лопасти или большое число лопастей). Эта мера увеличивает потери на трение, поэтому эффективность водомета может снизиться. Для противодействия кавитации производители идут на компромисс между кавитационными характеристиками и эффективностью: HamiltonJet предлагает большой выбор рабочих колес к каждой модели ВД для различных сфер применения;

– нагрузка на лопасти РК – это критическое условие противодействия кавитации; распределение нагрузки по их поверхности определяется профилем лопастей;

– большое сечение входного отверстия водозаборника улучшает кавитационные характеристики ВД, но с ростом скорости оно увеличивает сопротивление корпуса.

Зная кривую упора для каждой модели водометных движителей HamiltonJet, можно получить значение минимальной скорости судна при длительной работе на полную мощность. Совмещение этих кривых с кривой сопротивления корпуса судна позволяет определить кавитационный запас. Графики минимальной скорости для каждого рабочего колеса отображают минимальные скорости, при которых можно работать длительное время без риска кавитационных повреждений. Выходить за пределы этих значений на непродолжительное время можно, но длительная работа на скоростях ниже указанных может привести к кавитационным повреждениям деталей ВД.

Из всего вышесказанного следует, что начальное проектирование и подбор моделей водометного движителя и импеллера – очень важный этап при постройке катера. Именно поэтому специалистами HamiltonJet производится тщательный анализ каждого проекта судна перед поставкой и установкой движителей.

Пресс-служба «Кронштадт»

ООО «Кронштадт» – эксклюзивный поставщик HamiltonJet в России  
Санкт-Петербург. (812) 441-29-99, доб.112  
timur@kron.spb.ru | www.kron.spb.ru

**KRONSTADT**  
St.-Petersburg



**KRON-CIS**  
Hamburg