

Анализ конструктивных решений по повышению эффективности работы конструкции водомета

Качанов И. В., Браим Д. Н.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В статье проводится анализ конструктивных решений, направленных на повышение эффективности использования водометных движителей, устанавливаемых на транспортных и скоростных судах.

Транспортный флот Республики Беларусь занимает важное место в перевозках различных грузов, добыче строительных материалов и последующей их доставке в порты. Также развивается пассажирское и прогулочное судоходство. Однако большинство судов транспортного флота (грузовых и пассажирских) имеют довольно большой возраст, в следствии чего являются морально устаревшими. Моральное устаревание флота в Республике Беларусь является одним из основных факторов, снижающих эффективность его использования и, как следствие, снижающих эффективность перевозок грузов и пассажиров.

Для повышения эффективности использования транспортного флота проводится модернизация судов. При проведении модернизации осуществляется замена главных судовых двигателей, реверс-редукторов и гребных винтов.

Стоит отметить, что большинство судов транспортного в Республике Беларусь имеют водометные движители с гребным винтом. В связи с этим для повышения эффективности транспортных судов с водометными движителями предлагается изменить конструкцию водометного движителя для снижения в нем гидравлического сопротивления. Снижение гидравлического сопротивления в водометном движителе позволит повысить эффективность как самого движителя, так и всего судна в целом.

Существует две основные схемы водометных движителей с гребным винтом: полнонапорный водометный движитель и статический водометный движитель [1], схема которых представлена на рис. 1.

Исходя из современной конструкции водометного движителя (рис. 2) рассмотрим основные конструктивные элементы, повышающие эффективность водометного движителя.

Можно выделить следующие конструктивные решения, повышающие эффективность работы водометных движителей:

- установка поворотного сопла,

- установка спрямляющего устройства (контрпропеллера),
- уменьшение длины водовода,
- увеличение поперечного сечения входного отверстия,
- установка нескольких ступеней (несколько гребных винтов),
- установка направляющих лопаток, как на входе в водометный движитель, так и в водоводе.

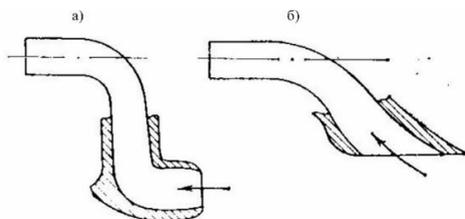


Рис. 1. Схемы водометных движителей:

a – в полнапорный водометный движитель; *б* – статический водометный движитель (стрелка указывает направление потока воды, втекающего в водозаборник)

На рис. 2 показана типовая конструкция водометного движителя скоростного судна [2].

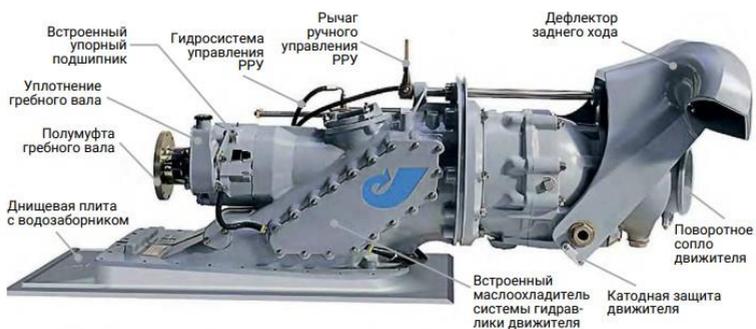


Рис. 2. Типовая конструкция водометного движителя скоростного судна

Рассмотрим каждое конструктивное решение отдельно. Поворотное сопло состоит из самого сопла и механизма, обеспечивающего его поворот. В связи с тем, что при работе водометного движителя рабочее устройство (гребной винт, лопастной насос) создает повышенное давление, кото-

рое необходимо преобразовать в кинетическую энергию струи, то на выходное отверстие устанавливают сопло. Конструктивно сопло выполняют с поджатием, т.е. площадь выходного сечения сопла меньше, чем входного. Сопло может выполняться как с внутренним поджатием, так и с внешним. В случае выполнения сопла с внешним поджатием оно выполняется конической формы. Внутреннее поджатие струи воды осуществляется коническим телом, обычно являющимся продолжением ступицы винта, в этом случае сопло выполняется цилиндрической формы [1].

Такая конструкция позволяет увеличить тягу водометного движителя. Однако для различных конструкций водометных движителей и, соответственно конструкций сопел, увеличение тяги будет различным.

Исследования, проведенные в БНТУ [3] показали, что при установке на мелкосидящий буксировщик-толкач проектов № 570В и № 730А конического насадка с углом конусности в пределах $39-41^\circ$ теоретически можно увеличить тягу на 60–70 %. Однако экспериментальные результаты показали увеличение тяги на 10–20 % при угле конусности $40-41^\circ$. Такое различие между теоретическими и практическими результатами объясняется наличием механических, гидравлических и тепловых потерь в водометном движителе при его работе.

Механизм поворота насадки позволяет менять направление выброса струи, тем самым обеспечивая управляемость судна.

Применение в конструкции водометного движителя спрямляющего устройства (контрпропеллер) позволяет вернуть часть энергии, затраченную гребным винтом (осевым насосом) на закрутку потока в виде дополнительного упора [4]. Устанавливают контрпропеллер за гребным винтом. Если ступеней несколько, то за каждой ступенью обязательно ставится контрпропеллер. Конструктивно спрямляющий аппарат выполняют в виде гребного винта или турбины с лопастями, причем для уменьшения вибраций число лопастей (лопаток) всегда на одну больше, чем у гребного винта (осевого насоса) [4]. Применение спрямляющих аппаратов позволяет создать дополнительную тягу, составляющую 10–12 % от общего упора водометного движителя [4], и тем самым повысить КПД движителя.

Основной проблемой потерь энергии в водометном движителе остаются гидравлические потери. Частично данная проблема решается укорачиванием водовода, тем самым снижая потери на трение воды об стенки водовода.

Входное отверстие водометного движителя статического типа выполняют эллиптической либо прямоугольной формы с закругленными концами. Такая форма обеспечивает наименьшее сопротивление воды на входе в отверстие. Однако на больших скоростях движения, водометному движителю необходимо прокачивать через себя большой объем воды, поэтому

при конструировании стремятся увеличить максимально увеличить площадь входного сечения, не приводящее к ухудшению других характеристик водометного движителя.

Установка в водометный движитель нескольких ступеней позволяет увеличить скорость потока и, следовательно, увеличить тягу движителя. Однако установка нескольких ступеней (гребных винтов или осевых насосов) усложняет конструкцию и обслуживание водометных движителей. Кроме того, установка нескольких ступеней увеличивает габариты самого водометного движителя, что создает дополнительные гидравлические сопротивления и усложняет монтаж таких движителей на судне.

Установка направляющих лопаток на входе в водометный движитель позволяет снизить гидравлическое сопротивление потока. Направляющие лопатки препятствуют перемешиванию потока воды, тем самым снижают пульсации давления и скорости, которые создают гидравлическое сопротивление. Однако установка направляющих лопаток на входе в водометный движитель уменьшает площадь поперечного сечения входного отверстия и, как следствие, уменьшает массу воды необходимую движителю для создания полезной тяги.

Расположение направляющих лопаток по периметру водовода, особенно в поворотных коленах, позволяет выравнивать скорости движения потока, уменьшать его перемешивание. Однако установка направляющих лопаток в водоводе приводит к повышению гидравлического сопротивления за счет трения потока воды об поверхность лопаток. Поэтому для снижения потерь напора на трение лопатки выполняют различных профилей (крыло, сегментный и т. д.).

Проведенный анализ показал, что используется одна форма поперечного сечения проточного водовода водометного движителя – круглая. В связи с этим предлагается изменить форму поперечного сечения проточного водовода водометного движителя. В качестве таких форм поперечного сечения будут выступать овальная и прямоугольные формы. Предполагается, что овальная или прямоугольная формы позволяют снизить вихреобразование в поворотных коленах водометного движителя и тем самым снизить гидравлическое сопротивление, а также повысить тягу движителя.

Литература

1. Артюшков, Л. С. Судовые движители: Учебник / Л. С. Артюшков, А. Ш. Ачкинадзе, А. А. Русецкий– Л.: Судостроение, 1988. – 296 с.
2. Анчиков, С. Л. Водометные движители. Вопросы проектирования / С. Л. Анчиков. – СПб.: Реноме, 2021. - 252 с.
3. Об использовании конической насадки в водометных движителях мелкосидящих буксирных теплоходов (МБТ) / А. П. Афанасьев [и др.] // IX

Форум вузов инженерно-технологического профиля Союзного государства: сборник материалов, г. Минск, 26–30 октября 2020 г. / Белорусский национальный технический университет. – Минск: БНТУ, 2020. – С. 46–48.

4. Куликов, С. В. Водометные движители (теория и расчет) / С. В. Куликов, М. Ф. Храшкин. – Л.: Судостроение, 1980. – 312 с.

УДК 621.22-253

Исследование влияния формы обтекателя рабочего колеса на энергетические характеристики осевой гидротурбины

Дружинин А. А., Юрьев Д. А.

¹Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Москва, Российская Федерация

На примере расчета проточной части рабочего колеса осевой гидротурбины для микроГЭС проведено исследование влияния геометрических параметров обтекателя на энергетические характеристики турбины. Проведен анализ эффективности гидротурбины с обтекателем различных форм и сформулированы рекомендации по применению наиболее предпочтительного варианта.

С ростом потребности в возобновляемой энергетике, проблема развития малой гидроэнергетики с каждым годом становится все более актуальной. Малые ГЭС позволяют решить проблему автономного обеспечения электроэнергией удаленных потребителей, а также проблему энергообеспечения при сохранении окружающей среды [1; 2].

Известно, что общая эффективность гидротурбины определяется не только правильно спроектированной лопастной системой рабочего колеса, но и подводящими, а также отводящими участками проточной части турбины. В связи с этим, необходимо исследовать влияние формы обтекателя гидротурбины микроГЭС на распределение давления и скорости в проточной части гидротурбины, а также на её гидродинамическую эффективность в различных режимах.

На рис. 1 представлены эскизы проточных частей со сферической и вытянутой формой втулки, образованной двумя радиусами.

Как отмечалось в [3], при проектировании лопастных систем для малых ГЭС, не предусматривающих наличие направляющих устройств на входе, стоит учитывать влияние формы обтекателя рабочего колеса. Под действием вязкостных сил обтекатель вызывает отклонение скорости потока у стенок перед его дальнейшим прохождением через лопастную систему.