

УДК 629.12

DOI: 10.46960/2782-5477\_2023\_2\_40

**С.Н. Зеленов, Е.С. Шишов**  
**ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА**  
**ДВИЖИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА РЕЧНЫХ СУДОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева  
*Нижний Новгород, Россия*

Представлен обзор конструктивных схем судовых движительных комплексов. Дана краткая история зарождения и развития водометных движителей, приведена их классификация в зависимости от подвода, передачи энергии и выброса потока жидкости. Приводится описание их перспективных конструкций.

**Ключевые слова:** водометный движитель, классификация, поток жидкости, передача энергии, коэффициент полезного действия.

### Введение

Снижение уровня воды, загрязненность, неразвитая инфраструктура внутренних водных путей Российской Федерации создают в настоящее время серьезные проблемы для эксплуатации речного транспорта [1-3]. Для улучшения состояния водных путей возникает острая потребность в судах технического вспомогательного флота. На данный момент значительная часть этого флота представлена устаревшими судами, которым для повышения эффективности выполняемых работ по поддержанию и развитию водной инфраструктуры требуется глубокая модернизация. Повышающийся спрос на пассажирские перевозки также обуславливает необходимость в комфортных, проходимых и маневренных судах, способных совершать регулярные рейсы в условиях мелководья.

Выбор типа движителя при проектировании новых судов в таком случае основывается не только на требовании обеспечения максимальных пропульсивных качеств судна, хотя это требование и остается главным. Существует целый ряд других важных требований: защищенность движителя, его минимальная шумность, минимальные масса и габариты, эксплуатационная надежность, удобство его расположения и прочие. Одним из возможных решений этих проблем может быть применение во вновь разрабатываемых проектах, а также при модернизации старых судов технического и транспортного флота, водометных движителей, приспособленных к существующим условиям судоходства на Волге.

В статье проводится анализ и сравнение основных характеристик наиболее распространенных судовых движителей.

## 1. Обзор состояния вопроса в области выбора движителей для речных судов

### *Преимущества и недостатки гребного винта*

Способность судна осуществлять перевозку грузов, буксировку того или иного объекта в определенных условиях характеризуется гарантированной доставкой его в пункт назначения в установленный срок. Для этого необходимо иметь достаточную мощность энергетической установки и соответствующий движитель для ее реализации. Проблема здесь состоит в том, что винтовой движитель, установленный на судне, не может в полной мере реализовать всю мощность судового двигателя. Причиной этого является ограничение по осадке самого судна, а как следствие – ограничение по диаметру его гребного винта, т.е. площади его гидравлического сечения. В большинстве случаев компоновку движительно-рулевого комплекса выполняют таким образом, чтобы края лопастей гребного винта не выступали за га-

бариты самого судна и находились на определенном расстоянии (имели необходимый зазор) по отношению к корпусу.

### ***Гребные винты фиксированного шага (ВФШ)***

Цельнолитые гребные винты и винты со съемными лопастями относятся к гребным винтам фиксированного шага. Управление судном с винтом фиксированного шага осуществляется с помощью руля, перо которого устанавливается в следе винта.

Преимущества гребных винтов фиксированного шага:

- наивысший для движителей КПД;
- относительно низкая стоимость изготовления;
- простота эксплуатации и обслуживания;
- надежность и долговечность конструкции.

Недостатки гребных винтов фиксированного шага:

- ухудшение работы винта в режиме разгона и реверса судна, вследствие постоянства номинального шага;
- низкая живучесть судна (необходима замена винта целиком, при повреждении одной лопасти).

### ***Гребные винты регулируемого шага (ВРШ)***

Винты регулируемого шага (ВРШ), несмотря на высокие тяговые характеристики при разных сопротивлениях движению, получили не очень большое распространение вследствие высокой, по сравнению с ВФШ, стоимости, сложности и меньшей живучести, повышенного износа механизма поворота лопастей при работе в речных условиях и, наконец, ввиду несколько меньшего значения КПД на основном режиме работы.

Главное преимущество ВРШ – сохранение высоких тяговых характеристик при изменении сопротивления движению судна.

Недостатки ВРШ:

- меньшее значение КПД на основном режиме работы;
- высокая стоимость;
- сложность в эксплуатации;
- быстрый износ механизма поворота (привода) лопастей.

### ***Гребные винты в направляющей насадке***

У гребного винта, работающего в насадке, осевые скорости потока воды возрастают в самой насадке, в силу чего скорость обтекания гребного винта с насадкой значительно выше, чем без нее. Так как часть упора, требуемого от движительной установки, создается в насадке, а скорость натекания воды на винт повышается, то насадка оказывает на него разгружающее действие. Это приводит к повышению КПД винта, благодаря чему при той же мощности судовой энергетической установки создается больший упор движителя. Направляющая насадка выравнивает поток воды, поступающий к гребному винту, устраняет косое обтекание винта водой, улучшает его работу на волнении.

Преимущества гребных винтов в направляющей насадке:

- повышение КПД винта, работающего в насадке;
- улучшение управляемости судна с применением поворотных насадок.

Недостатки гребных винтов в направляющей насадке:

- снижение эффективности насадки при увеличении скорости движения и уменьшении коэффициента нагрузки на винт [4];

- появляется вероятность заклинки винта при попадании в насадку плавающих предметов, например, больших кусков льда при возможной эксплуатации судна в осенне-зимний период навигации.

### ***Преимущества и недостатки поворотных винто-рулевых колонок (ВРК)***

Поворотная ВРК представляет собой вращающуюся стойку с гондолой, с размещенной на ней гребным винтом в направляющей насадке, которая закрепляется за пределами корпуса судна и может вращаться вокруг вертикальной оси на  $360^\circ$  с помощью шарнирного механизма, это позволяет получить лучшую маневренность судна как по курсу, так и по скорости в сравнении с обычными движительными установками. Такое техническое решение также сокращает размер машинного отделения, повышая тем самым грузместимость, что весьма актуально для транспортных судов. Поскольку в основе ВРК в качестве движителя используется гребной винт в насадке, она имеет описанные ранее соответствующие преимущества и недостатки применения направляющих насадок.

Из недостатков следует отметить высокую стоимость и технологическую сложность такой установки. Осадка судна в этом случае остается такой же, как и с традиционными гребными винтами [5].

### ***Преимущества и недостатки водометного движителя***

**Водометный движитель** относится к типу водопроточных движителей. Современные водометные движители делают трех типов: *с выбросом водяной струи в воду, в атмосферу и с полуподводным выбросом*. Гребной винт в данном случае работает как насос, засасывающий воду в канал через трубу, проходящую в днище корпуса впереди винта. Для защиты от попадания на винт посторонних предметов в начале канала укрепляется защитная решетка. Для уменьшения потерь от закручивания гребным винтом водного потока и повышения КПД движителя за винтом устанавливается контрпропеллер. Направление хода судна изменяется переключкой реверс-руля.

Водометные движители можно классифицировать (рис. 1) по наиболее характерному признаку – способу создания реактивной струи (ускорения жидкости). При наличии в конструкции водометных движителей общей детали – водоводов (направляющих каналов) все водометные движители можно разделить на движители с механическим рабочим устройством и так называемые гидрореактивные.

Механические рабочие устройства водометных движителей могут быть двух типов: вращающиеся (пропеллерные и центробежные насосы, гребные винты, крыльчатые движители) и совершающие возвратнопоступательное движение (поршневые насосы, перемещающиеся подвижные пластины, поворотные пластины типа машущего крыла и т.д.)

В гидрореактивных двигателях ускорение потока и, следовательно, реактивная тяга создаются в результате подачи в поток воды (внутри движителя) сжатого холодного газа или вследствие подвода теплоты с образованием парогазоводяной смеси. Подвод теплоты можно обеспечить различными способами, наиболее известен способ сжигания топлива в специальных камерах, расположенных либо в самих движителях, либо отдельно от движителей. Практически осуществим также способ подачи в движитель химического вещества, которое бурно реагирует с водой; при реакции выделяется большое количество теплоты. Характерная особенность гидрореактивных движителей – отсутствие валопровода и механического рабочего устройства. К числу гидрореактивных следует отнести также электромагнитные движители, принцип действия которых основан на взаимодействии потока жидкости и электрического тока в электромагнитном поле.



Рис. 1. Классификация водометных движителей

Конструкция водомета достаточно проста: он включает всего несколько вращающихся деталей; нет ни шестерен, ни реверсивной муфты, для изготовления которых требуются дорогие высококачественные стали, станки высокой точности и т.п. Судно с водометным движителем имеет минимальную габаритную осадку, благодаря чему в ряде случаев оно является единственным средством для движения по засоренным и мелководным акваториям. У такого судна нет таких выступающих за корпус частей, как гребной винт и защитная шпора – это уменьшает опасность ранения плавающих в воде людей или наматывания на винт речной флоры и различного мусора.

Водометные движители обладают хорошей приемистостью – развивают полную скорость за считанные секунды. Маневренные качества их гораздо выше, чем у судов с поворотной колонкой или рулем – развороты на  $180^\circ$  можно совершать буквально на расстоянии, равном одной – двум длинам корпуса; реверсивное устройство действует как тормоз, позволяя останавливать судно с полного хода при длине выбега не более двух длин корпуса. При увеличении полезной нагрузки скорость водометного судна снижается в меньшей степени, чем винтового.

К недостаткам водометов относятся потери давления потока воды (пропульсивной мощности) от трения, так как она проходит значительный путь по узким впускным и выпускным каналам, внутренние поверхности которых бывают не совсем гладкими. Лопатки насосов также иногда шлифуются недостаточно хорошо. Кроме того, трение возникает в неподвижных направляющих аппаратах. Значительное сопротивление вызывается и решеткой всасывания, что приводит к завихрению потока и может преждевременно вызвать кавитацию. В насос даже на самых высоких скоростях должна поступать вода, а не смесь воды с воздухом. Если днище слишком плоское или имеет обратную килеватость, воздух засасывается очень легко. При наличии пузырей воздуха в воде упор резко уменьшается.

Существуют трудности в точном подборе элементов движителя для данного корпуса, поскольку конструктор и строитель водометного судна обладают пока что еще гораздо меньшей информацией, необходимой для расчета, по сравнению с той, что имеется по гребным винтам. Необходимо отметить также относительную сложность доводки движителя, связанную с его размещением внутри корпуса и зависимостью от формирования потока воды

на входе в водозаборник. При плавании по мелководным рекам с галечным дном может наблюдаться повышенный износ лопаток ротора; все детали, размещенные в водоводе, нуждаются в тщательной защите от коррозии. При установке на плоскодонных корпусах и неправильном размещении защитной решетки возможно возникновение кавитации на лопастях ротора [6].

## 2. Перспективы применения водометного движительно-двигательного комплекса на речных судах

Идея создания водометных движителей возникла еще в XVII в., но получила достаточно широкое распространение только во второй половине XIX в., когда стала успешно конкурировать с другими типами движителей. В этот же период были заложены основы теории водометных движителей. Большой вклад в эту теорию внес российский ученый Н.Е. Жуковский, который впервые записал выражение для тяги водометного движителя в современном виде. Дело в том, что ранее использовалось выражение, справедливое только для ракетного реактивного движителя. Однако уже к концу столетия стало ясно, что по эффективности водометы уступают гребным винтам. Относительно низкий коэффициент полезного действия водометных движителей обусловил их применение в тех случаях, когда специфические особенности этих движителей, возможность размещения внутри корпуса и защищенность от ударов о плавающие предметы рабочего колеса, играли определяющую роль. Эти особенности наиболее четко проявляются на речных судах, эксплуатирующихся на малых реках, как правило, мелководных, но имеющих большое транспортное значение. Начиная с 1950-х гг., для таких рек в Советском Союзе строился большой транспортный флот, на судах которого широко применялись водометные движители. Это были буксиры, небольшие танкеры, сухогрузные и пассажирские суда, с мощностью, не превышающей 515 кВт (700 л.с.), но строили эти корабли большими сериями. Например, пассажирских судов типа «Заря» было построено более 300 единиц.

Более мощные водометные движители начали использоваться на судах с подводными крыльями, гребные винты которых в условиях косо́го потока подвергались эрозии. Кроме того, при больших скоростях кавитация гребных винтов приводила к падению КПД, и их преимущества по этому параметру по сравнению с водометным движителем уменьшались. Накопленный опыт и расчетные методы позволяют выбрать для каждого конкретного случая оптимальную насосную систему. В целом существующие экспериментальные установки в сочетании с расчетными методами и накопленным статистическим материалом позволяют спроектировать удовлетворяющий техническому заданию водометный движитель для судов практически всех типов и назначений [7].

Использование водометного движителя повышает эффективность использования судна и снижает издержки на его обслуживание. Эффективность водомета измеряется не только способностью создать необходимый упор, но также характеристиками движителя при маневрировании и движении кормой, а также способностью предоставить максимальный упор на низких скоростях. Эти три фактора являются основными при оценке современного судна, которое используется для работы в стесненных условиях: например, при наличии препятствий, ограничивающих свободу передвижения или при причаливании к борту другого судна. В результате использования водометного движителя можно добиться большей эффективности судна при меньших накладных расходах по его обслуживанию [8]. Водометы меньше подвержены поломкам от плавающего мусора, чем традиционные гребные винты, что важно для технического флота, работающего в акватории порта, но в то же время это заставляет не отказываться в передаче от реверс-редуктора, чтобы иметь возможность противоположно направленной струей «промыть» забившуюся мусором решетку входного отверстия.

Еще одно преимущество водомета – высокая мягкость работы трансмиссии и почти полное отсутствие вибрации, что очень важно для пассажирских судов [9]. Отсутствие вся-

ких выступающих частей в подводной части судна обеспечивает ему большую проходимость на мелководье, в узкостях и на засоренных фарватерах. Для судна с таким двигателем не являются препятствием даже плавающие предметы, через которые оно свободно переходит.

Безопасность – одна положительных качеств водомета. Крыльчатка находится внутри корпуса и не представляет опасности для людей, находящихся рядом в воде. Спасательные катера – еще одна область, где безопасность водометов может сыграть решающее значение. Перечисленные преимущества водометного двигателя сделали его применение особенно удобным на речных судах, в первую очередь на лесосплаве. К недостаткам судов с этим двигателем следует отнести потери грузоподъемности на величину массы прокачиваемой, постоянно находящейся в канале воды и потери объема внутренних помещений, занимаемого каналом. При расчете ходкости скоростных судов масса этой воды должна быть добавлена к массе судна. Частично эта масса может компенсироваться отсутствием валопровода, реверс-редуктора, поскольку реверсирование и остановка обеспечиваются простым поворотом дефлектора. В последние годы водометные двигатели нашли применение и на быстроходных судах, таких, как суда на подводных крыльях, развивающих скорость хода до 95 км/час.

В настоящее время достигнутый КПД водометного двигателя составляет только 35...45 %. Однако, использование в составе СЭУ современных паровых и газовых турбин позволит успешно применить водометные двигатели на крупных морских судах, где по расчетам пропульсивный КПД может достичь значения 83 %, что на 11 % выше пропульсивного коэффициента гребного винта, запроектированного для того же судна.

### **3. Основные проблемы при проектировании судов с водометным движительно-двигательным комплексом**

Ошибки при проектировании водометных комплексов часто приводят к двум проблемам: появлению кавитации и аэрации двигателя. Кавитация и аэрация – два фактора, которые в различной степени влияют на эффективность водометных двигателей, но имеют совершенно разную природу. Понимая сущность этих явлений, можно минимизировать их вредные последствия, водомет и корпус судна должны быть спроектированы как единое целое. При этом двигатель должен обеспечивать соответствующий упор, чтобы преодолеть сопротивление корпуса и в то же время сам корпус судна должен быть спроектирован так, чтобы предотвратить возникновение аэрации и кавитации.

#### *Аэрация*

Аэрация – применительно к двигателям – процесс, при котором воздух попадает в водометный двигатель вместе с поступающей водой через водозаборник и далее может войти в области низкого давления до лопастей рабочего колеса, что приводит к уменьшению потока воды и, как следствие, к снижению упора и производительности водометного двигателя. На практике небольшое количество воздуха всегда попадает в поток – вследствие смешивания воды с воздухом в носовой буруне 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 частоты вращения двигателя при одновременном снижении скорости судна.

Для обеспечения расчетного упора необходимо 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 водомет;
- выступающие части, шпигаты и т.д., расположенные перед водозаборником водомета, могут приводить к аэрации, направляя в водомет насыщенный воздухом поток воды;
- к попаданию аэрированного потока в водомет может привести излишний угол ходового дифферента;
- при установке водометного комплекса в корме на днище не должно образовываться ступеней и неровностей.

На способность противодействовать аэрации водометного движителя 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 движителя, давление на входе в водомет очень низкое, и при попадании к рабочему колесу пузырьки быстро увеличиваются в размере. В этих условиях даже небольшое количество воздуха может привести к срыву потока – тогда реактивная тяга заметно снижается, а частота вращения двигателя увеличиваются.

### *Кавитация*

В отличие от обычных гребных винтов, кавитация которых возникает на больших скоростях, водометные движители могут столкнуться с кавитацией на низких скоростях. Кавитация – явление быстрого формирования и распада паровых пузырьков, которые возникают в результате локального падения давления, обычно связанного с высокими локальными скоростями (рис. 2). 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 (рис. 3).

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.

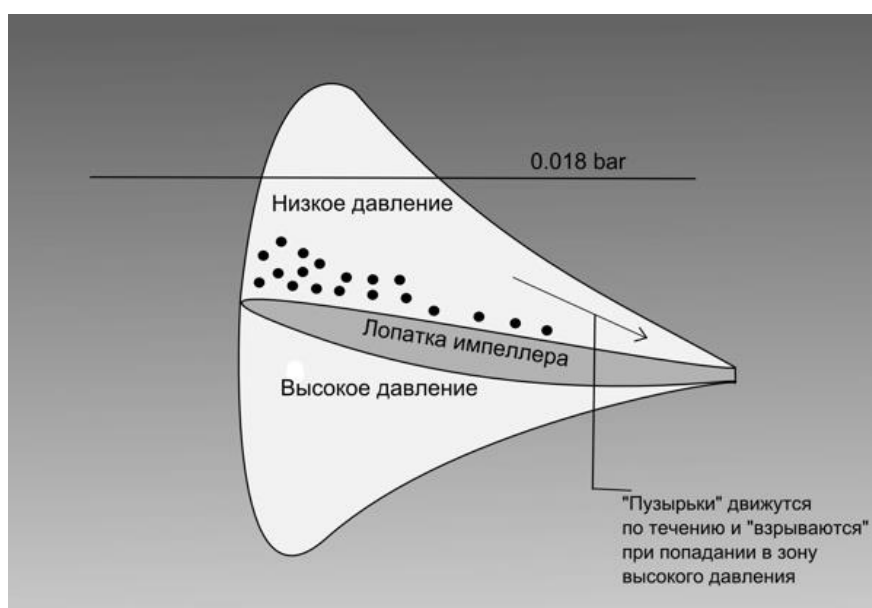


Рис. 2. Появление кавитации на лопатках импеллера



**Рис. 3. Пример кавитационной эрозии лопаток импеллера водометного движителя**

Частой причиной кавитационных повреждений становится буксировка судном с водометным движителем другого судна, либо перегрузка, при которых требуется длительная работа на большой мощности. Если в таких условиях возникает кавитация, ее можно устранить медленным повышением скорости, увеличивая мощность двигателя. Альтернативными вариантами снижения сопротивления являются уменьшение загрузки судна, перемещение центра тяжести либо регулировка дифферента. В некоторых случаях небольшая кавитация может быть устранена установкой водомета с меньшим диаметром импеллера. Но следует помнить, что размер импеллера меньше оптимального понизит тягу водомета.

Построенная кривая упора (рис. 4) для каждой модели водометных движителей показывают минимальную скорость судна при длительной работе на полную мощность. Совмещение этих кривых и кривых 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 водометного движителя.

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

- большая площадь поверхности лопастей рабочего колеса (слишком длинные лопасти или слишком большое число лопастей на одной площади) увеличивает силу трения, поэтому производительность водомета может снизиться. Для противодействия кавитации производители идут на компромисс между кавитационными характеристиками и эффективностью;
- нагрузка на лопасти: профиль лопастей определяет распределение нагрузки по их поверхности – это критическое условие для противодействия кавитации;
- очень большие входные отверстия улучшают кавитационные характеристики, но при увеличении скорости они увеличивают сопротивление корпуса [10].



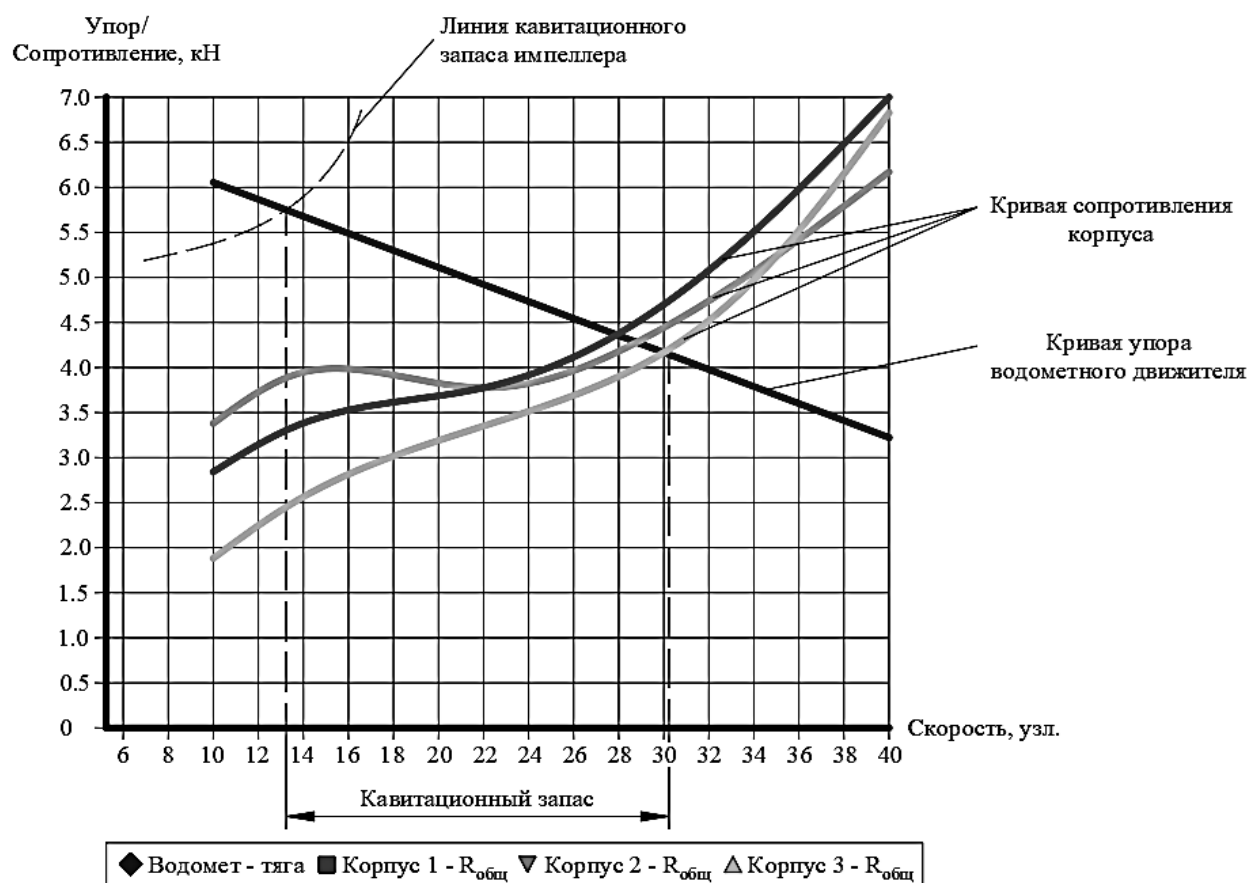


Рис. 4. Зависимость сопротивления корпуса судна и упора водометного движителя от скорости судна

### Заключение

Как показал проведенный анализ наиболее применяемых на судах движителей, наибольшее распространение к первой четверти XXI в. получили ГВ. Они просты в изготовлении, удобны при установке за судном, достаточно эффективны и хорошо работают в условиях кавитации лопастей на больших скоростях движения. В то же время выяснилось, что и область успешного применения ВД не ограничивается быстроходными паромами и аппаратами типа гидроциклов. Из опыта зарубежного и отечественного судостроения известно, что ВД стали широко использоваться на патрульных кораблях и ряде небольших катеров.

Такому результату способствовало решение ряда гидродинамических проблем ВД:

- достигнут высокий КПД насосов, передающих механическую энергию вращения вала двигателя жидкости;
- выполнена профилировка канала в виде сопла на выходе, что позволяет влиять на кавитационные качества ВД, определяемые конструктивными особенностями насосов. В основном это дисковое отношение лопастей и тип насоса, режим его работы и гидравлическое поджатие сопла.

Положительные результаты были получены при создании вентилируемых ВД (ВВД), которые при высоком КПД на скоростных режимах движения и относительной простоте конструкции имеют стабильные характеристики при действии вблизи поверхности воды. На лопастях ВВД, в отличие от полупогруженных гребных винтов, которые имеют практически такие же тяговые характеристики, существенно меньше пульсирующие нагрузки, и поэтому их установка не вызывает заметной вибрации.

Малогобаритный ВД (МГВД) со щелевым соплом отличается относительной простотой конструкции и, соответственно, меньшей стоимостью изготовления по сравнению с традиционным ВД. Особенности конструкции МГВД и реверсивно-рулевого устройства позволяют компоновать его с корпусом судна, опущенным под днище корпуса. Это открывает перспективу эффективного использования ВД на быстроходных водоизмещающих судах без изменения оптимальных обводов корпуса, что не удастся при традиционных ВД. В то же время гидродинамические особенности взаимодействия ВД с корпусом судна изучены недостаточно. В большинстве случаев рассматривается теория ВД, а не общая ходкость (пропульсия) судна с заданным типом ВД.

Размещение ВД в корпусе судна позволяет при высоких скоростях осуществлять надводный выброс струи. Это дает возможность установить на транце судна реверсивно-рулевое устройство (РРУ). С помощью откидывающихся и поворачиваемых заслонок или каналов заднего хода изменяют направление струи, заставляя судно двигаться в любую сторону. Имеющийся опыт показывает, что и в этих случаях ВД по пропульсивным качествам лучше ГВ, работающих под корпусом катеров с кронштейнами в скошенном потоке. Актуальным является вопрос об использовании принципиально новых материалов и технологии изготовления ВД. Из рекламных источников известны лишь сведения о попытках изготавливать рабочие колеса путем прессования из стекло- или углепластиков и создать ВД со встроенным в ступицу рабочего колеса упорным подшипником, работающим на водяной смазке (забортная вода), рабочая поверхность этого подшипника покрыта специальным материалом на резиновой основе.

Таким образом, можно утверждать, что в настоящее время по пропульсивным и маневренным характеристикам ВД не уступает ГВ. Установка ГВ целесообразна, когда требуется максимальная простота конструкции движителя.

### Библиографический список

1. **Кривошей, В.А.** Оздоровление речного транспорта невозможно без ясного понимания природы его системных проблем // Транспорт Российской Федерации. 2017. № 5 (72). С. 11-14.
2. **Вильде, Т.** Омут речного транспорта [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://portnews.ru/comments/2916/> (дата обращения 01.02.2023).
3. **Новожилов, В.В.** Проблемы речного транспорта России и некоторые подходы к их решению // Молодой ученый. 2019. № 45 (283). С. 305-306.
4. **Щербаков, В.А.** Справочник по водному транспорту леса / В.А. Щербаков. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 382 с.
5. **Орехво, В.А.** Перспективы применения винто-рулевых колонок на судах морского и речного флота / В.А. Орехво, А.С. Лугин // Труды конгресса «Великие реки». 2017. № 6. С. 1-2.
6. **Новак, Г.М.** Справочник по катерам, лодкам и моторам / Г.М. Новак. – Л.: Судостроение, 1979. – 384 с.
7. Водометные движители. [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://korabley.net/news/vodometnye\\_dvizhiteli/2011-07-08-864](http://korabley.net/news/vodometnye_dvizhiteli/2011-07-08-864) (дата обращения 01.02.2023).
8. Использование водометного движителя повышает эффективность использования судна: статья. [Электронный ресурс] // Режим доступа <http://morvesti.ru/news/1679/48308/> (дата обращения 01.02.2023).
9. **Дэг Пайк.** Водометы – вперед! // Катера и яхты. 1999. № 1(167). С. 32-34.
10. Производительность водометных движителей [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.kron.spb.ru/press-center/publikatsii/660/> (дата обращения 01.02.2023).