

УДК 621.1.037:621.5

А.И. Мальчиков, канд. техн. наук*Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua***МАЛОГАБАРИТНЫЙ ДВУХКОЛЁСНЫЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ВОДОМЁТНЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ ДЛЯ СПК**

Приводятся результаты экспериментальных исследований по разработке малогабаритных двухколесных центробежных насосов для водометных движителей. Разработанные типы движителей обладают высокими энергетическими и кавитационными свойствами.

Важнейшим направлением повышения технико-экономических показателей быстроходных судов на подводных крыльях (СПК) является применение новых типов энергетических установок и движителей. В качестве главных энергетических установок на современных судах широко применяются лёгкие газотурбинные двигатели (ГТД) большой удельной мощности с лучшими массогабаритными показателями по сравнению с ДВС. Наряду с увеличением скорости хода до 50...100 и более узлов в час также возникла необходимость увеличения мощности энергоустановок СПК. Известно, что энергетические свойства суперкавитирующих винтов СПК снижаются в районе 50...55 узлов, поэтому возникла необходимость в разработке других типов движителей, обеспечивающих более высокие скорости хода.

Одними из таких движителей являются водомётные движители с осевыми и центробежными рабочими органами, расположенными внутри или под корпусом судна. Размещение центробежного водомётного движителя (ЦВД) под корпусом СПК в виде гондолы на стойке крыла исключает затраты энергии на подъём и транспортировку забортной воды, упрощает конструкцию, уменьшает объём машинного отделения, улучшает кавитационные качества движителя и т.д. Вместе с тем от габаритов гондолы зависит пропульсивный КПД установки.

Целью статьи является разработка и исследование моделей двухколесных ЦВД высокой удельной мощности для использования на быстроходных судах.

Для решения данной задачи на кафедре ЭМСС СевНТУ разработаны и экспериментально исследованы четыре малогабаритных модели ЦВД с различными отношениями диаметра корпуса D_k к диаметру рабочего колеса D_2 .

Первые два варианта имели отношение: $D_k/D_2 = 2,3$ и $2,18$, а третий и четвёртый $D_k/D_2 = 1,8$ и $1,7$. За счёт изменения формы меридианальных сечений подводящих и напорных каналов проточной части насосов и их компоновки, диаметральные габариты в четвёртом варианте по сравнению с первым уменьшены в 1,4 раза, что повысило КПД движителя на 0,1 значения КПД в первом варианте. Все варианты МЦВД испытывались с одним и тем же рабочим колесом с наружным диаметром $D_2 = 120$ мм. По результатам экспериментальных исследований и испытаний МЦВД в качестве движителей были разработаны натуральные центробежные водомётные движители для быстроходных СПК водоизмещением 60...100 т с приводом от ГТД.

Для СПК большего водоизмещения на базе исследований 3 и 4 вариантов одноколёсных МЦВД были разработаны четыре варианта двухколёсных МЦВД: 2К-1, 2К-2, 2К-3, 2К-4.

Требуемые параметры насосов на режиме максимального КПД: подача насоса $Q = 192...200$ м³/ч; напор насоса $H = 12,1...13,3$ м вод.ст.; КПД насоса $\eta = 75...76,5$ %.

Данные значения соответствуют интервалам номинальных параметров, полученных при испытании одноколёсных МЦВД 3 и 4 вариантов.

По направлению вращения и конструкции проточной части варианты двухколёсных насосов 2К-1 и 2К-2, разработаны на базе 3 варианта одноколёсного ЦВД с отношением $D_k/D_2 = 1,8$, варианты 2К-3 и 2К-4 на базе 4 варианта с отношением $D_k/D_2 = 1,7$. Варианты 2К-1 и 2К-4 имеют общий подводящий канал и расположенные последовательно напорные каналы, переходящий в один общий, с односторонним вращением рабочих колёс. Диаметральные габариты варианта 2К-1 – $D_k/D_2 = 2,25$, а варианта 2К-4 – $D_k/D_2 = 2$. Соответственно вариант 2К-2 – $D_k/D_2 = 2,25$, а вариант 2К-3 – $D_k/D_2 = 2,16$, вращение колёс противоположное. На рисунке 1 изображена схема проточной части модели двухколёсного центробежного насоса 2К-1.

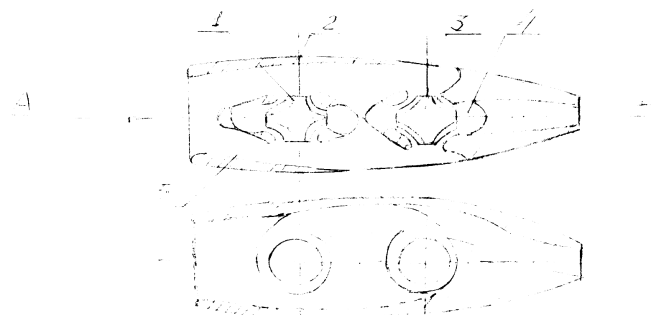


Рисунок 1 – Схема проточной части модели двухколесного центробежного насоса 2К-1:
1 – рабочее колесо 1 ступени; 2 – корпус насоса; 3 – рабочее колесо второй ступени;
4 – напорный канал; 5 – подводящий канал

Энергетические и кавитационные испытания проводились на испытательном стенде кафедры ЭМСС. Испытаны два варианта моделей МЦВД: 2К-1 и 2К-3 с одними и теми же рабочими колёсами. Испытания моделей МЦВД проводились поступенчато и в целом при работе обеих ступеней.

Поступенчатые испытания двухколёсных насосов аналогичны результатам, полученным при испытании одноколёсных насосов прототипов.

На рисунке 2 показана характеристика двухколёсного варианта МЦВД 2К-1 в безразмерном виде при совместной работе двух ступеней.

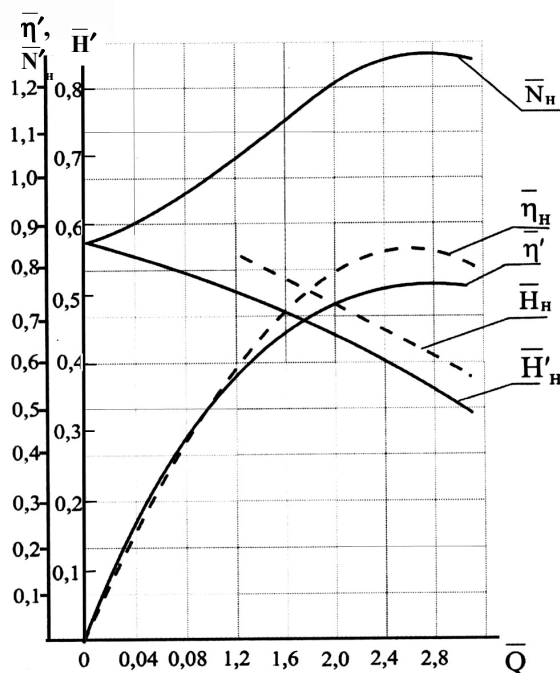


Рисунок 2 – Безразмерная характеристика модели двухколёсного насоса варианта 2К-1:
- - - безразмерная характеристика натурального насоса (получена путём пересчёта)

В режиме, близком к расчётному, насос обеспечил следующие параметры: $Q = 0,254$ – расход; $H = 0,391$ – напор; $N = 127 \cdot 10^{-3}$ – мощность; $\eta = 0,778$ – КПД.

Из графика следует, что режим оптимального КПД близок к номинальному. На графике также представлена в безразмерном виде характеристика натурального насоса.

При $D_2 = 460$ мм, значение КПД будет более 84 %.

Рабочая характеристика испытанной двухколёсной модели МЦВД варианта 2К-3 аналогична характеристикам варианта 2К-1, при поступенчатых испытаниях и в сборе, но в целом КПД насоса 2К-3 с противоположным вращением рабочих колёс на 1...2 % ниже, чем в варианте 2К-1 из-за потерь в редукторе и большими гидравлическими сопротивлениями.

В результате выполненных исследований разработаны 4 варианта, а изготовлены и испытаны 2 варианта малогабаритных двухколёсных (двухпоточных) центробежных насосов для водомётных движителей. Созданные насосы обладают высокими кавитационными и энергетическими качествами и по своим параметрам не уступают одноколёсным насосам, на базе которых они созданы.

Мощность двухколёсных насосов более чем в 2 раза выше одноколёсных, а диаметральный габарит (мидель) – только в 1,25 раза. При одинаковых значениях КПД удельная габаритная мощность $N_{уд} = N_n/D_n$ – отношение мощности к диаметру (миделю гондолы) насоса, у одноколёсных насосов прототипов: 3 вариант $N_{уд} = 4,36/216=0,0202$; 4 вариант $N_{уд} = 4,194/204=0,0205$.

У двухколёсных насосов имеются следующие варианты: 2К–1 $N_{уд}=9,4/270=0,0348$; 2К–3 $N_{уд}=8,7/260=0,0335$.

Таким образом, $N_{уд}$ у двухколёсных насосов в 1,63 и 1,72 раза, больше чем у одноколёсных, можно также считать уменьшение относительных потерь на трение и вихреобразование на поверхности гондолы в 1,5 и 1,7 раза, что увеличит КПД движительной установки.

Кроме того, увеличение подачи насоса вдвое по сравнению с одноколесным, т.е. увеличение коэффициента быстроходности центробежного насоса движителя, позволяет создать конструкции движителей быстроходных судов с более высоким КПД струй.

Выполненные поступенчатые испытания двухколесных насосов подтвердили результаты испытаний насосов в сборе, но вместе с тем показали некоторую неидентичность работы ступеней, что указывает на возможность дальнейшего улучшения энергетических параметров двухколесных насосов путем проведения соответствующих исследований с целью улучшения работы отдельных ступеней, особенно в варианте 2К–1 с односторонним вращением колес, а в варианте 2К–3 с противоположным вращением колес.

По условиям работы были изготовлены и испытаны только два варианта (из четырех разработанных). Один со спиральными каналами полного сечения и односторонним вращением (вариант 2К–1), второй с уменьшенным габаритом сечений каналов и противоположным вращением колес (вариант 2К–3).

Считалось, что первый, как имеющий наибольшие площади каналов в проточной части, должен иметь наибольший КПД, второй был выполнен и испытан с целью получения предварительного вывода о возможности применения противоположного вращения колес и уменьшения сечения каналов и габаритов насоса.

Полученные экспериментальные результаты подтвердили, что КПД варианта 2К–1 выше варианта 2К–3. Однако, разница в КПД невелика, а к тому же насос 2К–3 имеет меньший мидель, поэтому для окончательного суждения о целесообразной схеме 2-х поточных насосов по взаимному направлению вращения рабочих колес ступеней и формы сечения спиральных каналов, следует изготовить и испытать остальные варианты и, в первую очередь, 2К–4 с габаритом $D_k=240$ мм, т.е. в 1,14 раза меньшим, чем в испытанном варианте 2К–1.

Результаты данного исследования также использованы при разработке насосов высокой удельной быстроходности $n_s=430...600$ с специального назначения с подачей до $2...5$ м³/с.

Задачей дальнейших исследований являются испытания моделей двухколесных ЦВД в гидротолке для определения пропульсивного КПД движителя.

Библиографический список

1. Мавлюдов М.А. Движители быстроходных судов / М.А. Мавлюдов, А.А. Русецкий, Ю.М. Садовников. — Л.: Судостроение, 1973. — 239 с.
2. Мальчиков А.И. Уменьшение габаритов спирального отвода центробежного насоса / А.И. Мальчиков, В.И. Зеленский // Гидравлические машины. — 1978. — Вып. 12. — С. 85 – 89.
3. Разработки, изготовление и исследование модели малогабаритного центробежного насоса: отчёт о НИР / Севастоп. нац. техн. ун-т; рук. Зеленский В.И.; исполн.: Мальчиков А.И. [и др.] — Севастополь, 1978. — 320 с. — № ГР 71063331. — Инв. № Б647386.

Поступила в редакцию 13.11.2007 г.