

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. Храбкин. – 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 подводными, 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.

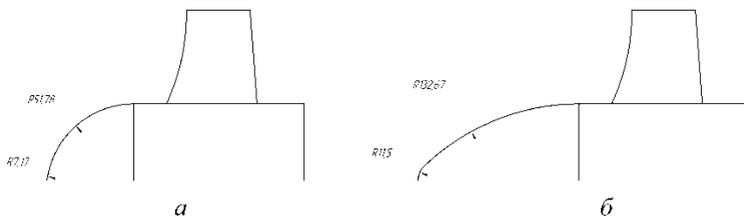


Рис. 1. Эскизы проточной части с различной формой обтекателя:
а – «сферообразный» обтекатель ($R_1 = 51,78$ мм, $R_2 = 7,17$ мм);
б – «вытянутый» обтекатель ($R_1 = 132,67$ мм, $R_2 = 11,5$ мм)

Для гидродинамического моделирования течения в проточной части гидротурбины, в расчетном CFD-комплексе были подготовлены расчетные модели для двух форм обтекателя. В качестве примера, на рис. 2 представлена расчетная модель для «вытянутого» обтекателя. В целях экономии вычислительных ресурсов, расчетная модель представлена четвертью проточной части, с граничными условиями периодичности на сопряженных поверхностях, статического давления - на входе и массового расхода - на выходе.

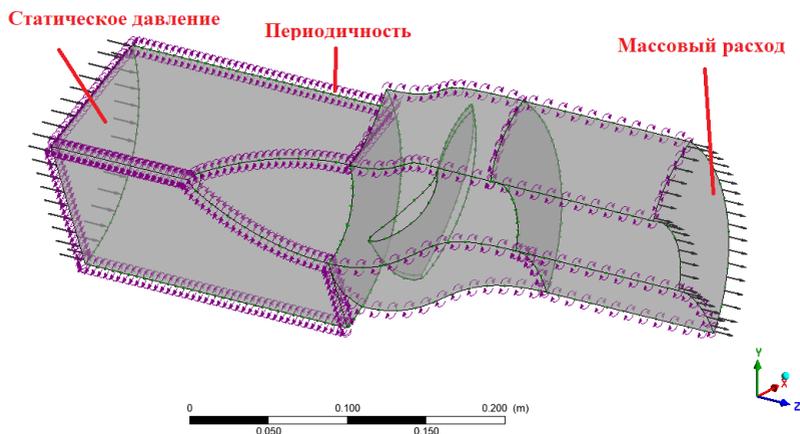


Рис. 2. Расчетная модель гидротурбины с «вытянутым» обтекателем

В табл. приведены исходные параметры для расчета гидротурбины.

Исходные параметры к расчету

Напор, м	Частота вращения, об/мин	Диаметр РК, мм	Втулочное отношение	Кол-во лопастей

Для решения поставленной задачи использовалась k - ε модель турбулентности. Для решения гидродинамической задачи использовались два дополнительных уравнения для расчета кинетической энергии турбулентности k и скорости диссипации кинетической энергии ε [4]. Буферный слой не моделировался, для расчета скорости у стенки использовались пристеночные функции.

Моделирование позволило получить вид распределения векторов скоростей вблизи поверхности обтекателя гидротурбины (рис. 3).

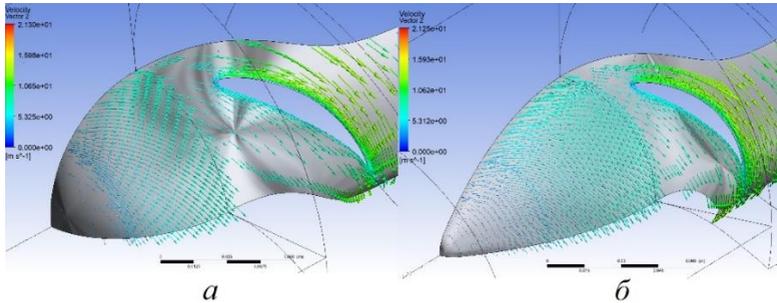


Рис. 3. Распределение векторов абсолютной скорости вблизи обтекателя a – «сферообразный» обтекатель; b – «вытянутый» обтекатель.

Отсюда видно, что с точки зрения задания предварительной циркуляции наиболее эффективной формой втулки – «вытянутая», т.к. имеет наибольшую площадь поверхности, «завлекающей» за собой поток у стенок при вращении рабочего колеса.

Также получен вид распределения давления в меридиональном сечении гидротурбины (рис. 4, 5).

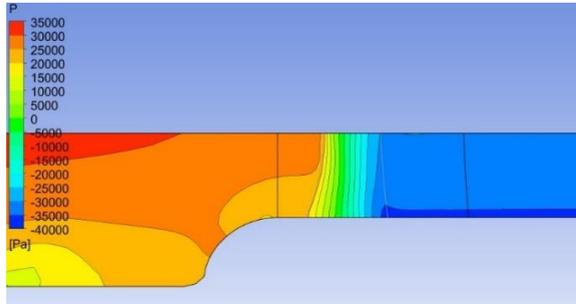


Рис. 4. Распределение давления в меридиональном сечении гидротурбины со «сферообразным» обтекателем

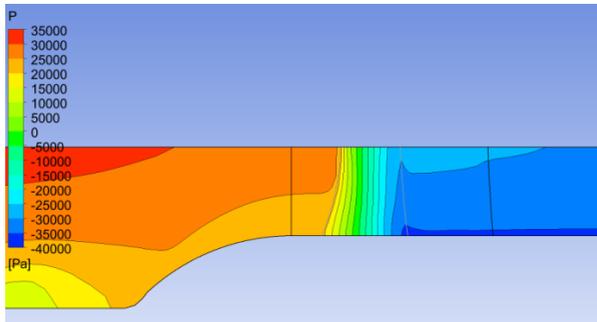


Рис. 5. Распределение давления в меридиональном сечении гидротурбины со «вытянутым» обтекателем

Из анализа рис. 4, 5 также можно сделать вывод об предпочтительном использовании «вытянутой» втулки в силу более плавного распределения давления. Гидравлическая эффективность такого обтекателя будет выше.

Для подтверждения вышеуказанных выводов о «вытянутой» форме обтекателя были построены характеристики $\eta = f(Q)$ (рис.6).

Видно, что прирост КПД $\Delta\eta$ увеличивается в зоне малых расходов. Среднеинтегральный прирост эффективности в рассматриваемой зоне составляет $\Delta\eta = 0,52\%$. Отсюда можно сделать вывод, о том, что при проектировании рабочего колеса, форма обтекателя не играет значительной роли с точки зрения общей эффективности гидротурбины малой мощности для микроГЭС. Поэтому при её разработке более целесообразно учитывать упрощение процесса производства.

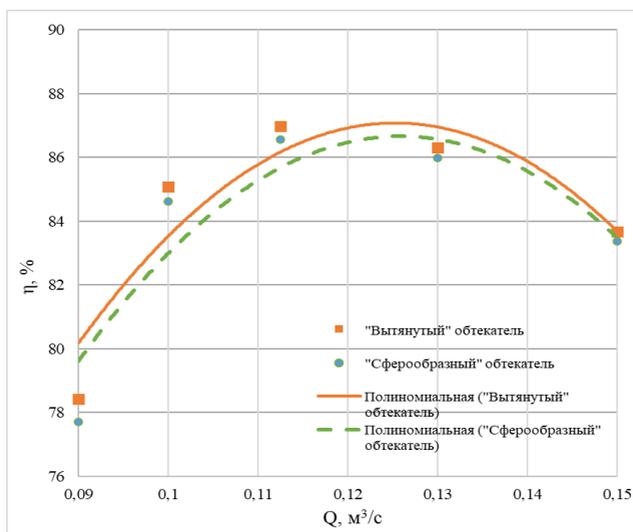


Рис. 6. Характеристики эффективности $\eta = f(Q)$

Однако стоит отметить, что расчет проводился без учета шероховатости поверхности обтекателя рабочего колеса, что указывает на актуальность дальнейших исследований в данном направлении для повышения эффективности гидротурбин микроГЭС.

Благодарности

Материалы, вошедшие в данную работу, подготовлены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Национального проекта "Наука и университеты" о создании новых лабораторий, в том числе под руководством молодых перспективных исследователей – Уникальный номер проекта FSWF-2022-0008. Соглашение №075-03-2022-138/5 от 02.11.2022.

Литература

1. Краснов, В. Г. Направления и теоретические основы использования малой гидроэнергетики [Электронный ресурс] / В. Г. Краснов, Т. В. Краснов – № 10. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/napravleniya-i-primeneniya-maloy-gidroenergetiki>. – В Дадашова И. О. 2024. Экономические аспекты перспективного использования возобновляемых ресурсов традиционными технологиями / И. А. Агафонов, О. С. Чечина, И. Е. Шафранский // Вестник АГТУ. Серия: Экономика. – 2023. – № 1.

3. Волков, А.В. Способ повышения эффективности пропеллерной турбины в напорном водоводе / А. В.Волков, А. Г.Парыгин, А. А. Дружинин // HydroTurbo'2016: материалы 23 Международной Конференции по Гидроэнергетике, Зноймо (Чехия), 25–27 октября 2016 г.

4. Коркодинов, Я. А. Обзор семейства k - ε моделей для моделирования турбулентности / Я. А. Коркодинов // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. –2013. – № 2.

УДК 62-757.73

Разработка 3D моделей несамходной баржи грузоподъемностью 2300 т. и основные результаты экспериментальных исследований сопротивления движению ее корпуса

Качанов И. В.¹, Ключников В. А.¹, Ленкевич С. А.¹, Власов В. В.¹,
Афанасьева Е. В.²

¹Белорусский национальный технический университет

²БелНИИТ «Транстехника»

Минск, Республика Беларусь

В статье представлены результаты экспериментальных гидродинамических исследований 3D-моделей корпусов несамходного судна грузоподъемностью 2300 т. с переменной геометрией обводов в носовой и кормовой частях и различными соотношениями L/B .

Для эффективной работы речного флота в любом направлении необходимо создание речных судов, обладающих минимальным сопротивлением движению, что связано в свою очередь с оптимизацией конструктивных параметров корпуса судна, которая зависит от большого количества факторов, к основным из которых относятся геометрия обводов носовой и кормовой частей судна и соотношения основных размеров судна L/B (где L – длина судна; B – ширина судна).

Оптимизация обводов корпуса судна для снижения сопротивления движению является одной из наиболее актуальных проблем гидродинамики судна. Величина сопротивления движению прямо связана с затратами энергии и топлива, от которых существенно зависят технико-эксплуатационные и экономические показатели судов.

Достоверные оценки влияния формы корпуса на сопротивление движению могут быть получены путем проведения модельного эксперимента. В последние годы аналогичные оценки все чаще выполняются и с помощью численного моделирования. Судя по материалам международного семинара по проблемам численного моделирования обтекания корпуса вязким