УДК 622.23.037.008

А.П.ЗОЛОТУХИН
Горно-электромеханический факультет,
группа ГМ-99-1, ассистент профессора

ОДНОСТУПЕНЧАТАЯ ГИДРОТУРБИНА ДЛЯ ПРИВОДА ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧНОЙ МАШИНЫ

Рассматривается комплекс для добычи полезных ископаемых на морском дне и как один из его важнейших элементов – одноступенчатая осевая гидравлическая турбина. Рассчитаны ее механическая характеристика и геометрические параметры, определяющие расположение средних линий лопастей в пространстве. Установлено, что при увеличении диаметра гидротурбины с 0,5 до 1,2 м мощность возрастает на 89 %, а значение КПД на 11 % и принимает значение 84 %.

Получены математические зависимости, позволяющие на предпроектной стадии определить средний диаметр рабочего колеса гидротурбины. Также предлагаются конструкции исполнительных органов для разработки полиметаллических руд на поверхности морского дна.

The complex designed for undersea mining has been described in the paper. One of the most important elements of the complex is a hydraulic turbine used as a driving mechanism of operating organ of excavating aggregate. The mechanism represents one phase axial hydro turbine. Calculated relations give us to see its mechanical characteristic. Besides geometrical parameters, defending placed of the middle lines of the shoulder blades on the space have been calculated. It is defended, that increasing of diameter from 0,5 to 1,2 meters gets up a power on the 89 % and a significance of efficiently factor to 11 % from 0,74 to 0,83.

Mathematical relations make it possible to determine the overage diameter of turbine operating wheel at pre-set stage. Therefore proposed constructions of cutting aggregate use for cutting polymetal ores located on the sea bottom, are offered.

Последние десять лет кафедра рудничных стационарных установок СПГГИ ведет разработку принципиально нового метода добычи полезных ископаемых с поверхности морского дна на шельфе и в глубоководных районах морей и океанов. Итогом этой работы стал технологический проект морской добычи и гидравлического добычного комплекса с гидроподъемом горной массы в шарнирном трубопроводе. К настоящему моменту для разработки доступна глубина от 60 до 80 м, в то время как основная масса полезных ископаемых находится на глубине от 60 до 6000 м.

Морская добыча полезных ископаемых во многом сходится с открытой разработкой и представляет собой процесс, обеспечивающий совокупность различных, независимых друг от друга операций, включающих отделение от массива, захват и транспортирование от забоя до потребителя добытого полезного ископаемого при обеспечении экономической эффективности, экологической чистоты и технической безопасности работ [1, 2, 5].

Основной проблемой при создании добычного комплекса является обеспечение качественного исполнения каждого из его элементов, обеспечивающих эффективное выполнение отдельных операций. В предлагаемой работе рассмотрена проблема эргономичного расположения привода добычной машины, представленная в статье [3]. Наиболее надежным и безопасным является привод, включающий одноступенчатую гидротурбину. Требования, предъявляемые к гидротурбинам для подводных добычных машин, предполагают отсутствие жестких ограничений на их радиальные и линейные размеры. Такой гидротурбинный двигатель может быть встроен в вертикальный или горизонтальный исполнительный орган.

Используем программу нахождения оптимальных параметров гидротурбины для

заданного диаметра и числа ступеней, созданную Б.С.Маховиковым [4]. При известных: расчетном начальном расходе, осевой скорости потока, коэффициентах потерь в статоре, роторе, подводе, отводящем канале, плотности жидкости, среднем диаметре решетки, радиальной длине лопасти, коэффициенте стеснения решетки, расходе кольцевого зазора, наименьшем диаметре кольцевого зазора, шаге таблицы, допуске на последовательное приближение, – находим оптимальные параметры гидротурбины. Далее, используя программу, находим механическую характеристику гидротурбины (рис.1).

При напоре 50 м одноступенчатая прямоточная турбина в оптимальном режиме работы имеет мощность $N = 300$ кВт при индикаторном КПД 83 %.

Энергоснабжение гидротурбины может осуществляться отдельным, расположенным на поверхностном судне, на гусеничной тележке или встроенным в корпус барабана центробежным или объемным насосом специального исполнения. В комплексах с подводным базовым судном необходимость в насосе как источнике энергии для работы гидротурбины, так же, как и в землесосе, может отсутствовать, так как для энергоснабжения приводов и других элементов технологического комплекса оборудования (включая подъем) в данном случае используется потенциальная энергия в виде напора, располагаемого между свободной поверхностью моря и горизонтальной осью

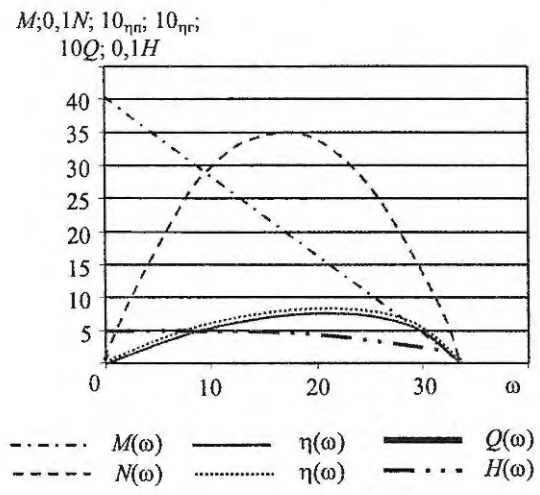


Рис.1. Механическая характеристика осевой гидротурбины со средним диаметром $D_{ср} = 0{,}66$ м

подводного судна [1, 2, 5]. Этот вид энергии исключает необходимость в применении других видов энергии (в том числе и электрической) для привода машин комплекса. Другие виды энергии используются в этом случае лишь для откачивания из субмарины воды, выделяемой в процессе обезвоживания пульпы.

Обращает на себя внимание, что механическая характеристика гидротурбины, питаемой от источника с характеристикой $H = \text{const}$, мягкая, а нагрузочная характеристика исполнительного органа любой горной машины, работающей по принципу резания пород пропорциональна отношению v/ω, где v – скорость подачи добычной машины, а ω – скорость вращения исполнительного органа. Известно, что горные машины работают устойчиво лишь при жесткой механической характеристике привода режущей части. Следовательно, привод подводной горной машины может работать устойчиво лишь тогда, когда двигатель подающей части также имеет мягкую механическую характеристику, или при соблюдении условия $v/\omega = \text{const}$.

При оценке эффективности работы комплекса в условиях подводной разработки наиболее значимым фактором является мощность гидротурбины, обеспечивающей способность барабана либо фрезы выполнять одну из самых важных функций комплекса – извлечение руды (конкреций).

Основным параметром, влияющим на ее мощность, является диаметр. Просчитав необходимые параметры турбины (такие, как расчетный расход, напор, коэффициент стеснения решеток, длина лопасти, необходимые коэффициенты потерь) и, задавшись пределами изменения углов, путем перебора определяем их оптимальные значения на входе и на выходе из статора и ротора. При этом наиболее рациональное расположение будет определятся максимальным значением КПД.

Задавшись оптимальными параметрами и оптимальными значениями углов строим механическую характеристику гидротурбины при данном диаметре (рис.2). Затем выбираем оптимальный режим работы данной турбины. Следующим значимым моментом работы является выполнение вышеупомянутых операций для диаметров 0,5-1,2 м с шагом 0,1 м. После нахождения необходимых

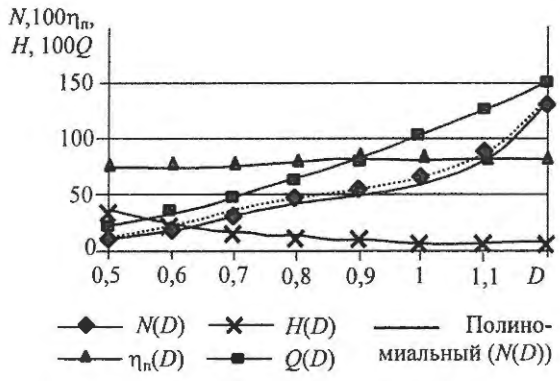


Рис.2. Зависимости расчетных значений напора, расхода, мощности и полного КПД от диаметра

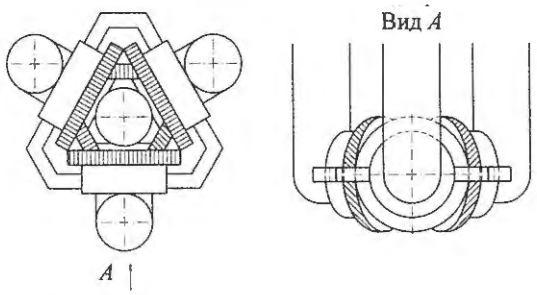


Рис.3. Принципиальная схема конструкции режущего исполнительного органа

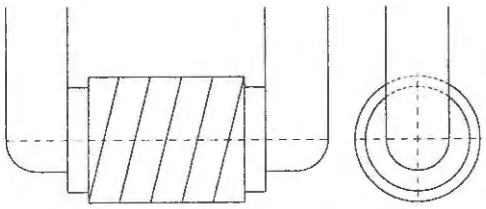


Рис.4. Принципиальная схема конструкции шнекового исполнительного органа

необходимых значений, строим графики зависимостей, характеризующих режимы и условия работы гидротурбины, от ее диаметра. Такими величинами являются необходимый расход, напор, мощность и полный КПД турбины, который представлен индикаторным КПД.

Далее ввиду подобия всех турбин аппроксимируем зависимости $N(D)$ полиномиальной функции четвертой степени, описываемой уравнением

$$N = 2411D^4 - 7428{,}7D^3 + \\ + 8401{,}4D^2 - 4024{,}8D + 699{,}88,$$

при достоверности аппроксимации $R^2 = 0{,}9975$. Следовательно, на стадии предпроектного проектирования, исходя из значения необходимой мощности, можно заранее определить необходимый нам диаметр, исключив при этом из расчета выбор оптимальных параметров и расчет механических характеристик.

Резание пород в подводном пространстве становится более перспективным, чем сбор конкреций или корковых образований. Все это происходит ввиду того, что большинство разведанных ресурсов Мирового океана представляют собой именно рудные месторождения с крепостью пород, колеблющейся от 3 до 20 по шкале Протодьяконова.

Появляется острая необходимость в проектировании исполнительных органов принципиально новой конструкции, в качестве привода использующих одноступенчатую осевую гидротурбину. Несколько принципиальных схем таких исполнительных органов, разрабатываемых на данном этапе, рассматривается в моей работе (рис.3, 4). При этом одним из решающих факторов при проектировании исполнительного органа подобного типа является его надежность, определяемая работоспособностью, долговечностью, ремонтопригодностью и сохраняемостью.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Маховиков Б.С.* Определение параметров машины для подводной разработки месторождений полиметаллических песков и илов / Б.С.Маховиков, В.В.Шорников // Наука в СПГГИ: Сб. науч. трудов. 1998. Вып.4.

2. *Маховиков Б.С.* Комплексы оборудования для подводной разработки россыпей на шельфе. Горный журнал. 1997. № 11.

3. *Маховиков Б.С.* Анализ работы исполнительного органа машины для добычи конкреций на шельфе // Технология и механизация горных работ. Сб. науч. трудов. М.: Изд. АГН, 1998.

4. *Маховиков Б.С.* Расчеты механических характеристик прямоточных многоступенчатых гидротурбин / Б.С.Маховиков В.В.Шорников // Машиностроение и автоматизация производства. Межвуз. сб. СЗПИ. СПб, 1999. Вып.13.

5. Патент № 2112139 РФ. Установка с самоходной тележкой для сбора конкреций в условиях дна мирового океана / Б.С.Маховиков, А.Б.Незаметдинов. № 96111339; Заявлено 4. 06. 1996. Опубл. 27.05.98 // Б.И. 1998. № 15.

Научный руководитель д.т.н. проф. *Б.С.Маховиков*