

ПРИЛИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИКА МОРСКИХ ТЕЧЕНИЙ

TIDE ENERGY AND SEA TIDE ENERGY

НОВОЕ ВОДОПОДЪЕМНОЕ УСТРОЙСТВО, КАК ИСТОЧНИК ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ

В. В. Марухин, В. А. Кутьенков, В. И. Иванов

Акционерная компания «Inversiones Mosten, S.A.L.»

Hotel "MENGU", Навера 38, Санта-Круз, Тенерифе, 38620, Испания

Тел.: +3464684730; e-mail: aguagrpower@yahoo.com



Марухин
Вячеслав Валентинович

Сведения об авторе: доктор технических наук. Инженер, заведующий научно-исследовательским сектором, научно-исследовательской лабораторией, заместитель Генерального конструктора в нескольких ведущих НИИ оборонной промышленности СССР (1967–1981 гг.). Заведующий лабораторией физики микро- и макросвойств веществ в одном из НИИ приборостроения СССР, Генеральный директор, Президент нескольких российских кооперативов, АО и ООО по разработке и внедрению различных высокотехнологичных «ноу-хау» (1981–1993 гг.). С 1993 г. вице-президент испанского холдинга «Inversiones Mosten, S.A.L.». С 2001 г., параллельно с работой в «Inversiones Mosten, S.A.L.», президент и владелец испанской компании «Inversiones Aquamash, S.L.».

Образование: МАИ — специальность «Двигатели летательных аппаратов».

Область научных интересов: альтернативная энергетика, гидрогазодинамика, аэродинамика, электроника.

Публикации: 68 научных работ, 26 изобретений.

Сведения об авторе: кандидат технических наук. Инженер, ведущий инженер, заместитель заведующего научно-исследовательской лабораторией одного из ведущих НИИ авиационной промышленности СССР (1973–1990 гг.). Директор российской научно-производственной компании по разработке и изготовлению авиационного и морского оборудования нового поколения (1990–1994 гг.). Технический директор представительства в Москве французской компании «Personal Industry SL» (разработка и создание энергетического оборудования) (1994–1999 гг.). С 1999 г. старший менеджер, руководитель проектов по альтернативной энергетике испанского холдинга «Inversiones Mosten, S.A.L.».

Образование: МИФИ — специальность «Материалы и изделия для энергетического оборудования».

Область научных интересов: альтернативная энергетика, турбоагрегаты, энергетическое оборудование.

Публикации: 23 научных работ, 15 изобретений.



Кутьенков
Валентин Александрович

Сведения об авторе: доктор технических наук. Инженер, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией по разработке и внедрению энергетических объектов одного из НИИ «Минэнерго» СССР (1975–1986 гг.). Заместитель директора по науке одного из НИИ «Минэнерго» СССР (1986–1989 гг.). Исполнительный директор, технический директор, президент российского ООО, ЗАО по разработке, проектированию и ремонту энергетического оборудования (1989–1999 гг.). С 1999 г. технический директор, генеральный директор по новым технологиям испанского холдинга «Inversiones Mosten, S.A.L.».

Образование: МЭИ — специальность «Гидравлические машины и средства автоматики».

Область научных интересов: альтернативная энергетика, гидроэлектростанции, гидравлические насосы, гидродинамика, электрические и тепловые машины.

Публикации: 39 научных работ, 12 изобретений.



Иванов
Валентин Иванович

The new source of inexhaustible environmentally-pure and powerful energy. This new converter of natural gravitational energy makes it possible, at negligible cost, to generate any commercial quantity of ecological clean electricity without dependence on a weather and climate continuously many years. The converter is capable of replacing heat & power and nuclear power station. This device has been successfully tested and it is ready to introduction in industry.

В 1775 г. в одном из английских журналов, появилась статья J. Whitehurst с описанием прибора, изобретенного и изготовленного им в 1772 г. Прибор позволял осуществлять подъем воды на значительную высоту без использования потенциальной энергии воды и так называемого явления «гидравлического удара». Но он не мог тогда работать полностью автоматически. Данный недостаток был устранен в 1776 г. изобретателем воздушного шара французом J. Montgolfier. В 1797 г. он получил патент на устройство. В том же 1797 г. патент на такое же устройство получил в Англии M. Bulton. В 1809 г. аналогичный патент получили в Америке J. Cerneay и S. Hallet. А уже в 1834 г. американец H. Strawbridge запустил промышленный вариант подобного прибора в массовое производство. Однако считается, что именно изобретение, сделанное J. Montgolfier, и является устройством, которое затем получило название «гидравлический таран».

Как правило, «гидравлический таран» (рис. 1) состоит из питательного бака с водой 1, нагнетательной трубы 2, ударного клапана 3, нагнетательного клапана 4, воздушного колпака 5 и отводящей трубы 6.

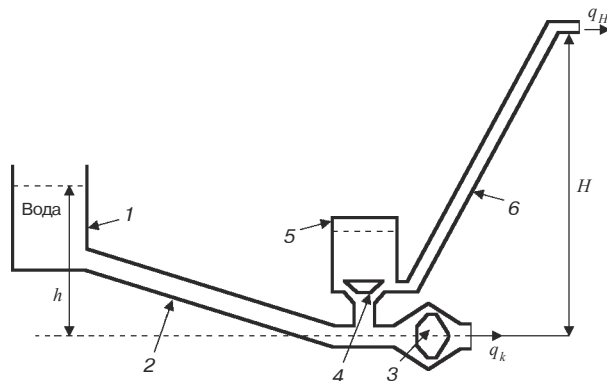


Рис. 1. Принципиальная схема гидравлического тарана

Его работа происходит следующим образом: вода из питательного бака 1 поступает по нагнетательной трубе 2 к открытому ударному клапану 3 и под напором объема воды на высоте h вытекает наружу с возрастающей скоростью. При некоторой скорости воды давление на ударный клапан превышает силу, удерживающую клапан в открытом состоянии (например, силу пружины), закрывает его и преграждает выход воде наружу. Происходит резкая остановка движущейся воды и, так называемый, «гидравлический удар». В пространстве нагне-

тательной трубы от ударного клапана 3 до нагнетательного клапана 4 давление воды почти мгновенно поднимается до величины, соответствующей напору объема воды на высоте H , в результате чего открывается нагнетательный клапан. Однако на повышение давления вода затрачивает только часть своей скорости. А с оставшейся скоростью она поступает в воздушный колпак 5. Возникшая от клапана 3 волна «гидравлического удара» по трубе 2 достигает бака 1 и, отражаясь там от невозмущенной воды, начинает двигаться опять к ударному и нагнетательному клапанам, теряя при этом скорость. Таких отражений волны происходит несколько. За время отражений волны оставшийся объем воздуха в воздушном колпаке сжимается также до давления, соответствующего напору объема воды на высоте H . В свою очередь вода из колпака под тем же давлением по отводящей трубе 6 поступает на высоту H к потребителю. Благодаря таким отражениям начальная скорость воды в питательной трубе 2 через некоторое время полностью затрачивается на поддержание в трубе повышенного давления. После чего давление воды под клапанами падает чуть ниже атмосферного. В результате повышенное давление в воздушном колпаке закрывает нагнетательный клапан, а низкое давление под ударным клапаном и механизм открытия (например, сжатая пружина) позволяет ударному клапану открыться. Так вся схема автоматически приходит в исходное состояние. И процесс повторяется. В итоге, при определенной культуре изготовления деталей, вода может подниматься на расчетную высоту H автоматически непрерывно много лет. Движущиеся части тарана — два клапана, проектируются так, что повышение давления в питательной трубе закрывает ударный и открывает напорный клапан, а понижение давления действует в обратном порядке. При этом весь смысл работы устройства в том, что оно поднимает объем воды q_H на высоту H , используя энергию объема воды q_k .

«Гидравлический таран» как водоподъемное устройство обладает и очень существенным недостатком. Для получения повышения давления воды требуется слив определенного количества воды $q_k = q - q_H$. При этом вода, выливающаяся через ударный клапан наружу, должна обязательно мгновенно освобождать место для такой же новой порции воды, которая будет истекать в последующем цикле. Если вода на выходе сливного отверстия каким-либо образом будет накапливаться, то будет создаваться не-

преодолимое сопротивление для выхода воды, в результате чего разгон воды в нагнетательной трубе нарушится и может прекратиться.

Это не позволяет использовать данное устройство на равнинной территории с открытыми водоемами и на реках без большого уклона поверхности земли или без плотин. Несмотря на это, своей оригинальностью и простотой работы «гидравлический таран» некоторое время сильно привлекал ученых-теоретиков и практиков. В течение XIX столетия было выполнено много теоретических исследований «гидравлического тарана», но до конца 1900 г. все они упирались в отсутствие теории «гидравлического удара» в трубах и поэтому не давали правильных результатов. Еще в 1804 г. Eitelwein (Германия) поставил более 1000 опытов и опубликовал ряд эмпирических выводов и формул, большинство которых, как выяснилось уже тогда, было не пригодно для проектирования. Правильная теория была дана впервые русским ученым Н. Е. Жуковским. Свои теоретические выводы профессор Жуковский проверил и подтвердил специальными опытами в 1897–1898 гг., и в 1898 г. его теория была опубликована в «Бюллетенях Политехнического общества».

В 1901 г. итальянский инженер Alievi опубликовал практически ту же теорию «гидравлического удара», но применительно к трубопроводам различных силовых установок. Однако опыты, проведенные самим Жуковским и позднее исследователями в других странах, полностью подтвердили правильность основных положений именно теории Жуковского. Но и она, после ее публикации, так и не получила правильного освещения. Исследователи и энтузиасты «гидравлического тарана» из года в год по-прежнему ставили эксперименты и находили для своих целей разные не обобщенные эмпирические формулы. В Америке, Австралии и в ряде других западных стран «гидравлический таран» как устройство, способное качать воду на высоту, получил развитие в мелиорации и для различных бытовых нужд под названием «gam-pump». В этих странах и в настоящее время существуют несколько десятков малых компаний, специализирующихся на производстве и продаже «gam-pump». В Интернете через различные поисковые системы при вводе в них слов «гидравлический таран» или «gam-pump» можно найти не только эти компании, но и большое количество публикаций на эту тему. Многие из этих компаний при инсталляции своих «gam-pump» используют исключительно собственные формулы.

В России сразу за опубликованием теории «гидравлического удара» Жуковского работы по созданию и развитию теории «гидравлического тарана» были успешно продолжены его учениками и последователями Б. Бубекиным, Б. Бахметьевым, С. Чистопольским. В частности, на

основании результатов специальных опытов над «гидравлическим тараном», выполненных Б. Бубекиным в 1903–1907 гг., профессор Жуковский дал правильную схему работы «тарана» в период нагнетания, изложив ее в докладе «Новая теория гидравлического тарана» в Математическом обществе 18 сентября 1907 г. В дальнейшем профессор Б. Бахметьев на основании той же теории Жуковского и опытов Бубекина в своей работе «Введение в изучение неустановившегося движения жидкости» [1] дал правильную обработку периода разгона воды в исследованиях Navler и Harza. Однако окончательно объединение теории и практики сделал в 1930 г. в своей работе «Гидравлический таран» [2] профессор С. Чистопольский, создавший первый и до настоящих дней единственно известный и надежный метод его теоретического расчета. Этот метод полностью подтверждался и подтверждается результатами многочисленных испытаний. С появлением и развитием в дальнейшем такой науки как гидрогазодинамика с целью объяснения происходящих процессов и нахождения оптимальных характеристик предпринимались многочисленные попытки точного решения существующих основных гидродинамических уравнений. Но такое решение для неустановившегося или, как принято говорить, нестационарного потока, каким является процесс течения воды в «гидравлическом таране», возможно только численными методами, которые требуют знания очень многих заранее неизвестных исходных данных. Поэтому такие попытки не имели успеха. Это подтверждается тем, что в разные годы было получено множество различных патентов на модернизацию этого устройства, которые никак не касались изменения или совершенствования самого принципа его работы. Однако и теории «гидравлического тарана», при ее внимательном рассмотрении, вполне достаточно, чтобы понять, какие факторы и какие параметры влияют на работу «гидравлического тарана», а также для того, чтобы сделать всесторонний анализ. Именно эта теория, многократно подтвержденная на практике, и существенно дополненная авторами данной статьи, лежит в основе доказательства существования иной гидродинамической схемы разгона воды, т. е. доказательства существования иного водоподъемного устройства, у которого вообще может отсутствовать слив воды.

Представим себе, что труба, присоединенная к основанию питательного резервуара 1 (рис. 2), имеет участок 2 и 6 с одной стороны закрытый наглухо, а с другой имеющий сдерживающую воду тонкостенную мембрану. При определенном расчетном давлении воды мембрана прорывается, и из резервуара устремляется поток воды с увеличивающейся скоростью. Если в трубе отсутствует воздух или каким-либо спо-

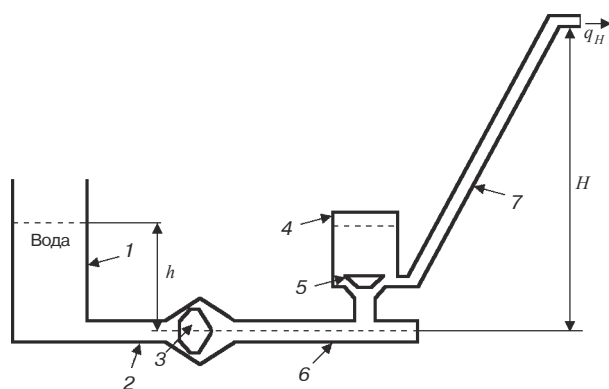


Рис. 2. Принципиальная схема нового водоподъемного устройства

собом он водой свободно вытесняется, то при достижении потоком глухого конца участка 6 трубы, либо участка существенного сужения в конце трубы, возникнет тоже явление «гидравлического удара».

При наличии, так же, как и в «гидравлическом таране», у дна трубы открывающегося при определенном давлении нагнетательного клапана 5, процесс «гидравлического удара» начнет обеспечивать ту же накачку. «Ударная волна» с зоной повышенного давления пойдет навстречу водяному потоку, обеспечивая давлением поступление воды через нагнетательный клапан. Отразившись от находящейся в резервуаре воды, «ударная волна» двинется к участку 6 трубы. При движении «ударной волны» в сторону нагнетательного клапана, так же как и в «гидравлическом таране», в зоне от входа трубы до фронта «ударной волны» будет наблюдаться понижение статического давления. Такое движение с периодическим увеличением и понижением давления многократно повторится до тех пор, пока столб воды, находящийся в трубе, не исчерпает свою кинетическую энергию.

При этом за определенное время в воздушный колпак 4 поступит определенное количество воды. Такой же процесс будет происходить, если вместо мембраны на входе в участок 6 установить открывающийся клапан 3 (см. рис. 2). Однако, если этот клапан сделать по конструкции обратным, т. е. закрывающимся со стороны участка 6, то при соприкосновении с самой первой «ударной волной»,двигающейся навстречу потоку воды и создающей за собой зону повышенного давления под действием разницы давления, он начнет закрываться, перекрывая протекающий через него водяной поток. Исследование такой гидродинамической схемы, введение в теорию реального механизма открытия и закрытия клапанов с учетом их инерционности показывает, что при определенной конструкции клапана 3 и определенных исходных параметрах процесс закрытия может пойти таким образом, что клапан успеет не только закрыться от

этой первой волны, но и будет оставаться в закрытом положении, пока действует избыточное давление в участке 6 под нагнетательным клапаном 5. В итоге, могут создаваться условия, когда клапан 3 на некоторое время полностью отсечет водяной поток. При этом отсеченная вода, набрав определенную скорость, обязана продолжить свое движение в колпак 4 уже по инерции. Таким образом, сила напора для закачки воды в колпак может быть заменена эквивалентной силой инерции. Однако, в отличие от «гидравлического тарана», каждая порция воды, закаченная в колпак, поскольку клапан 3 закрыт, должна вызывать невосполнимые потери массы всего столба воды. Вследствие этого, на участке 6 со стороны закрытого клапана 3 уже с момента начала движения первой отраженной от него «ударной волны» должна появиться зона разряжения с давлением близким к нулю, в которой может находиться только некоторая малая часть растворенных в воде газов. При этом ее длина во время закачки будет увеличиваться. И в процессе закачки воды в колпак после закрытия клапана 3 все последующие отражения «ударной волны», распространяющейся в направлении клапана 3, будут происходить именно от границы этой увеличивающейся по длине зоны «отрыва». При этом каждая порция закачиваемой воды из-за уменьшения продолжительности действия давления под нагнетательным клапаном 5 из-за уменьшения времени действия «ударной волны» также будет уменьшаться.

В результате закачки воды в колпак 4, как и в «гидравлическом таране», разность начальной и конечной кинетической энергии перейдет в потенциальную энергию поступившей в колпак воды, избыточное давление в колпаке должно закрыть нагнетательный клапан, а почти полное отсутствие давления на участке 6 при разрушении столба воды, если таковой еще в трубе останется, должно открыть клапан 3, находящийся под статическим напором воды со стороны трубы 2. Через открывающийся клапан 3 на участке 6 опять начнет поступать вода, объем которой за время поступления будет равняться объему зоны «нулевого» давления или, как принято говорить в гидрогазодинамике, зоны «отрыва». При этом параметры воды в трубе при смешении будут определяться соответствующими законами сохранения энергии и импульса.

В результате математического описания этой схемы, учета различных особенностей механизма закачки, механизма изменения давления в колпаке, учета всех временных характеристик, различных потерь, особенностей горизонтальной и вертикальной схемы втекания воды, была разработана достаточно полная теория такой гидродинамической схемы и метод расчета параметров, необходимый для проектирования. А в результате конструкторского поиска была найдена и требуемая конструкция клапана 3. Однако

изготовить такую конструкцию для получения расчетного результата из-за отсутствия в промышленности необходимых материалов и технологии их производства представляется возможным только для $h > 15$ м.

Полученные математические зависимости показывают, что в конце закачки объем зоны «отрыва» получается всегда меньше объема закаченной в колпак воды. В итоге, при одинаковых исходных параметрах общее количество закаченной в колпак воды окажется меньше, чем в «гидравлическом таране». Однако меньше получается и весь период закачки. Причем при любых начальных параметрах всегда получается, что $2 > H/h > 1$. При этом существуют определенные критерии начальных параметров, которые определяют условия автоматического повторения процесса. Одним из необходимых условий является точное соответствие масс клапана 3 и нагнетающего клапана 5 параметрам процесса. Кроме того, должны конструктивно предусматриваться определенный расчетный объем в колпаке для воздушной подушки и определенная площадь выходного сечения отверстия из колпака для отвода воды.

Следует отметить, что с энергетической точки зрения данная схема потребляет больше энергии, чем создаваемая ею полезная энергия. Если представить к.п.д. этой схемы в виде обычной формулы Ренкина как отношение потенциальной энергии закаченной в колпак воды к располагаемой потенциальной энергии всей воды, которая поступила на участок 6 до закачки, то к.п.д. получается всегда меньше 100 %.

Данную гидродинамическую схему, разумеется, возможно использовать в тех же условиях, в которых работает «гидравлический таран». Но при этом будет проигрыш по давлению. Но ее можно использовать, как было указано выше, и на равнинных реках, где «гидравлический таран» не работает. При этом теоретически нет никаких препятствий для работы такого водоподъемного устройства без питательного бака 1. Для этого достаточно погрузить его в воду на определенную глубину h , как это показано на рис. 3.

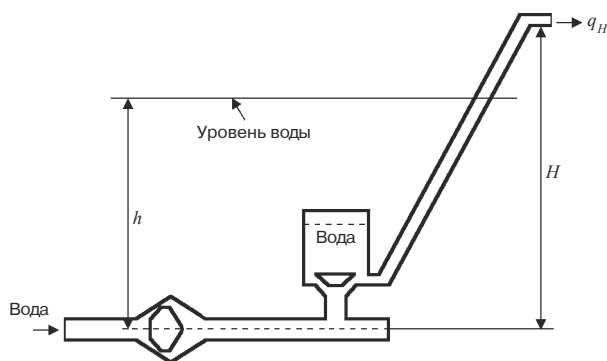


Рис. 3. Принципиальная схема нового насоса малого напора

В таком исполнении схема превращается в идеальный насос малого напора, который можно использовать, например, в опреснителях морской воды.

Однако наибольшие перспективы открываются при использовании этой схемы в случае, когда отводящая труба вообще отсутствует или когда на выходе из колпака на глубине имеется малой длины труба с проходным сечением равным сечению выходного отверстия колпака, как это представлено на рис. 4.

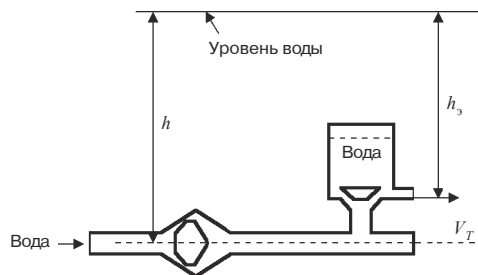


Рис. 4. Принципиальная схема нового источника энергии

И в том и другом случае, как показывают полученные зависимости, при определенном объеме воздушной подушки в колпаке и при определенном проходном сечении выходного отверстия теоретическая зависимость давления (напора) в колпаке от времени будет выглядеть так, как представлено на рис. 5. При этом время подъема давления t_n и его спада t_c менее $0,1t_H$. Именно в течение времени $t_{от} < t_H$ происходит открытие клапана 3, разгон воды и накопление энергии. По этой зависимости с погрешностью менее 0,5 % давление за время t_H практически постоянно.

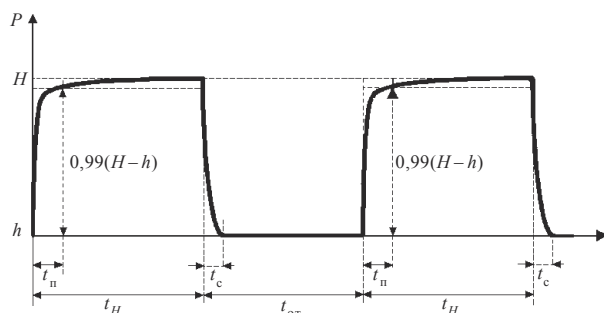


Рис. 5. Теоретическая зависимость давления от времени

Это позволяет считать среднюю скорость истечения воды из колпака в течение времени закачки t_H величиной очень близкой к некоторой предельно возможной скорости. Таким образом, на выходе из насадка один раз в течение времени t_H должна периодически формироваться струя воды с определенным расходом и определенной скоростью V_T . При этом средний расход воды за время t_H может значительно превышать значение, которое получается в

«гидравлическом таране». Такая струя воды, поскольку клапан 3 закрыт, согласно закону сохранения импульса системы, обязана создавать реактивную силу.

Таким образом, данная схема превращается в пульсирующий гидрореактивный двигатель.

При этом его эффективность, как и для любой пульсирующей системы, при отсутствии силы за время $t_{от}$, будет определяться суммарным по времени импульсом силы. Это эквивалентно постоянному по времени действию некоторой несколько меньшей средней результирующей реактивной силы $R_{T_{cp}}$. Кроме того, сама по себе такая струя воды в течение времени t_H способна производить определенную работу, что позволяет на выходе из колпака установить реактивную гидротурбину с последовательно соединенным электрогенератором.

Таким образом, данная схема превращается в источник электрического тока.

Естественно, что электрогенератор при этом должен либо находиться в герметическом контейнере, либо на поверхности воды, имея соединение с гидротурбиной посредством вращающегося вала. Поскольку сравнительно малый период времени $t_{от}$ будет влиять только на время набора заданной угловой скорости гидротурбины и электрогенератора, то получаемая электрическая мощность будет, в основном, определяться только к.п.д. гидроэлектроагрегата. Для оценки возможностей данной схемы на рис. 6 приведены результаты расчета средней реактивной силы и электрической мощности от глубины погружения h при определенных конструктивных размерах трубы 7 и клапана 3.

Отсюда следует, что на глубинах 450–650 м имеется определенный максимум, при этом в диапазоне глубин 15–300 м расчетная величина к.п.д. данной схемы не превышает 69 %.

Теоретически данная схема может обеспечить любую реактивную тягу и любую электри-

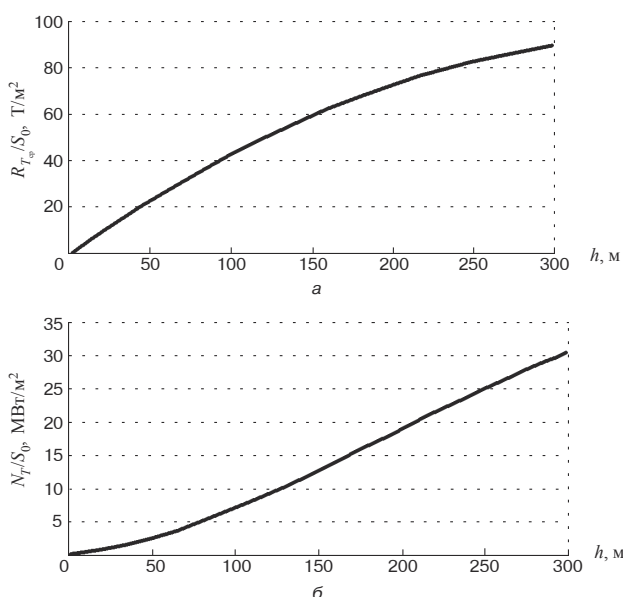


Рис. 6. Зависимость тяги (а) и мощности (б) от глубины

ческую мощность. Для этого достаточно лишь применение ускорительной и нагнетательной трубы с требуемой площадью входного сечения. Например, при площади входного сечения трубы равной $3,6 \text{ м}^2$ на глубине 500 м расчетная тяга двигателя составляет $\sim 380 \text{ т}$.

Реактивная сила подобной величины может быть использована для движения подводных аппаратов и имеющих осадку более 15 м надводных судов.

При использовании данной схемы в генерирующей энергетике представляется возможным создать единичный энергетический модуль оптимальной электрической мощности, а на его базе собрать любую по мощности подводную морскую или бассейновую ГЭС, состоящую из пакета таких модулей.

На рис. 7 приведен один из конструктивных вариантов горизонтального исполнения такого модуля с проектной выходной электрической мощностью $\sim 315 \text{ кВт}$ и его возможные габариты.

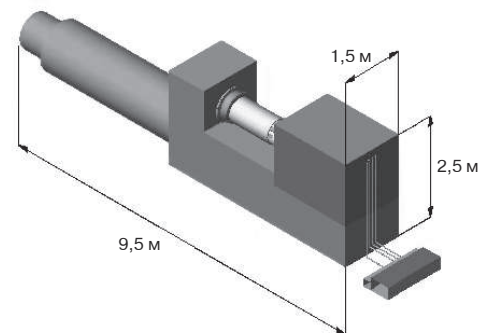


Рис. 7. Схема горизонтального модуля на 315 кВт

А его пакетная компоновка (1) в составе прибрежной подводной ГЭС мощностью $\sim 31,5 \text{ МВт}$, размещаемой на глубине $\sim 16,5 \text{ м}$, приведена на рис. 8. Выводы силовых кабелей (2) и автоматы управления током (3) можно расположить непосредственно на побережье.

Такого рода ГЭС теоретически способна обеспечивать мощность $\sim 150 \text{ МВт}$ на глубине $\sim 50 \text{ м}$ и мощность $\sim 320 \text{ МВт}$ на глубине $\sim 100 \text{ м}$.

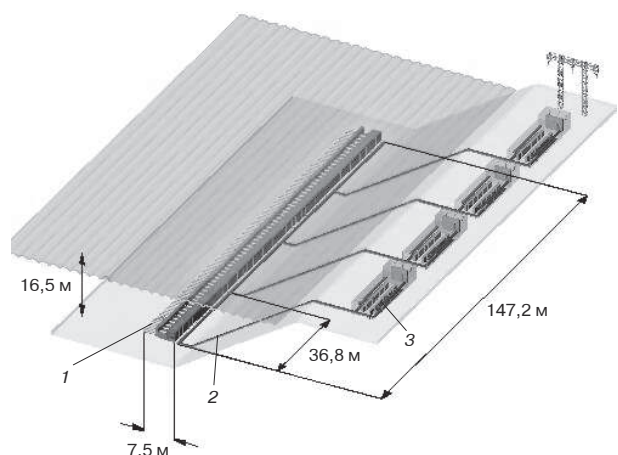


Рис. 8. Схема подводной ГЭС

Несколько большей глубины при той же мощности требует энергетический модуль на основе той же гидродинамической схемы, но вертикального расположения в воде, как это показано на рис. 9.

Такой модуль, состоящий из водоподъемного устройства 6, гидротурбины 5, электрогенератора 4 с кабелем 2, требует меньше площади для своего размещения и может быть, например, просто подвешен в баке 1 с водой на тросе 3. Сам бак с водой может быть выполнен в виде закрытой с двух сторон цилиндрической трубы, установленной в подземном колодце. Вертикальное расположение модуля упрощает его использование там, где нет глубоководных ресурсов, так как позволяет обойтись меньшим объемом воды.

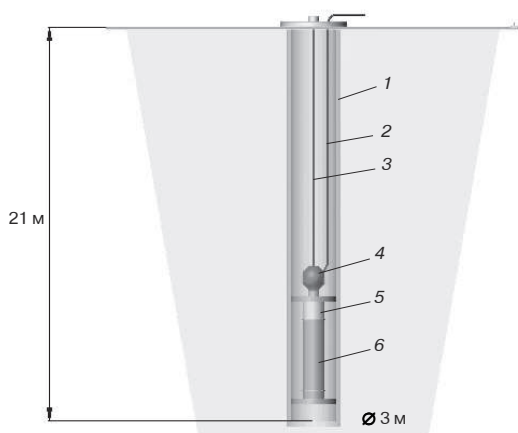


Рис. 9. Схема вертикального модуля на 500 кВт

Результаты теоретических расчетов данной схемы и разработанная методика ее проектирования подтвердились экспериментальными исследованиями. В 2003 г. был разработан и изготовлен в Испании экспериментальный малогабаритный энергетический модуль, состоящий из расчетной схемы горизонтального исполнения, гидротурбины и электрического генератора для испытаний на глубине 50 м. Данный модуль имел расчетную выходную электрическую мощность 97,4 кВт при площади входного сечения 0,0314 м². В качестве основных деталей (колпака, труб и т. д.), схемы и приборов контроля давления в колпаке частично использовали набор элементов стандартного опреснителя морской воды.

Объем колпака, размер труб, арматура клапанов были выбраны из условий их совместимости при минимальных затратах на доработку. В качестве гидротурбины применялась реактивная гидротурбина голландской компании «Energi Teknikk, A/S» специально модернизированная на входной напор 33 м (рис. 10). В качестве электрогенератора использовался синхронный генератор переменного тока с номинальным напряжением 6,0 кВ при номинальной мощности 100 кВт с автоматической регулировкой частоты и напряжения. Для нагрузки применяли балластное оми-

ческое сопротивление от мощных ветроэлектрогенераторов. Все детали энергетического модуля, аппаратура регистрации давления в колпаке, независимый источник питания аппаратуры, гидротурбина и электрогенератор были смонтированы в герметическом контейнере, имеющем в передней части фланцевое соединение для стыковки труб, а в верхней части — люк для выхода отработанной воды. Для доступа к клапанам при необходимости их ручной регулировки в контейнере имелись дополнительные герметические люки. Конструкция контейнера обеспечивала стыковку ускорительных и нагнетательных труб любой длины и, в случае необходимости, быструю их замену (рис. 11).

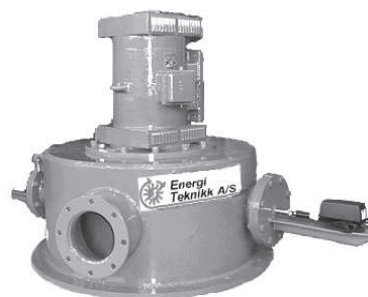


Рис. 10. Гидроэлектрогенератор



Рис. 11. Контейнер с модуль-генератором

Испытания проводились путем опускания данного контейнера на тросе с корабля на заданную глубину в Атлантическом океане. Были проведены несколько серий испытаний. В качестве независимых наблюдателей на всех испытаниях присутствовали представители трех ведущих компаний Испании, специализирующихся в альтернативной энергетике.

При определенной ручной корректировке веса клапанов был получен устойчивый самоподдерживающийся режим, а обработка осциллограммы избыточного давления в колпаке дала осредненные результаты, представленные на рис. 12. Избыточное давление в колпаке оказалось меньше теоретического на 5,2 %, время нагнетания — меньше на 4,3 %, а время разгона до восстановления процесса — больше на 5,2 %. Прямой замер вырабатываемого электрического напряжения показал значение 5,8±0,35 кВ, а тока — 15,96±0,46 А. Диаграмма получаемого электрического напряжения и тока не носила ступенча-

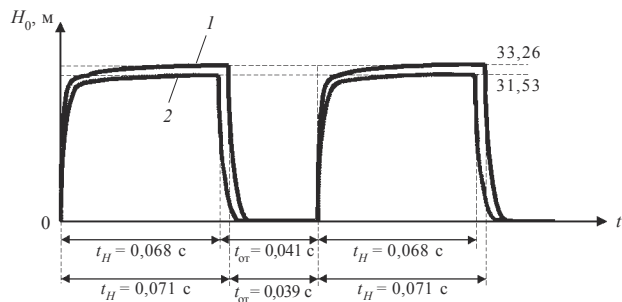


Рис. 12. Результаты измерения давления: 1 — теория; 2 — эксперимент

тый характер. Это соответствовало полученной электрической мощности равной $92,73 \pm 8,25$ кВт, что по среднему значению меньше теоретического значения всего на 4,8 %.

В итоге было экспериментально доказано, что это устройство способно простым и дешевым способом вырабатывать любое количество экологически чистой электроэнергии и при достаточно большой площади входного сечения ускорительной трубы может создать электрическую мощность, соизмеримую с мощностью, получаемой от тепловых и атомных электростанций.

В настоящее время широкое внедрение этого изобретения в энергетику в техническом плане не представляет особых проблем и зависит исключительно от возможных инвестиций. Детальная финансовая оценка показывает, что в направлении разработки и создания подобных энергетических модулей для возможных на их базе ГЭС мощностью более 100 МВт наиболее целесообразно использовать схему с вертикальным расположением модуля при единичной (одного модуля) выходной мощности ~500 кВт. Пакет таких модулей потребует резервуар с водой площадью не более $4,5 \text{ м}^2/\text{мВт}$ и высотой равную 21 м.

Общая масса такого модуля при использовании электрогенератора «СГ2-500-4УЗ» (Россия) и специально созданной для этих целей реактивной гидротурбины «РНУ-500Р» (Испания) может составлять всего 4850 кг. Его себестоимость в серийном изготовлении по существующим в настоящее время ценам не превысит 47,2 тыс. €. Следовательно, удельная себестоимость такого источника энергии составит ~94,4 €/кВт и будет минимальной из всех известных источников энергии. При этом общие затраты на строительство подобных ГЭС не превысят 120 €/кВт, а срок окупаемости — 2 года с момента начала строительства. В послеокупаемый период можно снизить тарифы на электроэнергию до символически низких либо продавать электроэнергию по рыночной цене и получать не менее 15 % начальных затрат ежемесячно.

В заключении следует отметить, что результаты теоретических и экспериментальных исследований позволили авторам этой статьи и группе специалистов, участвовавших в разработке этого изобретения, сделать несколько заявок на Европейские патенты и получить на него в 2005 г. Евразийский патент [3].

Список литературы

1. Бахметьев Б. А. Введение в изучение неустановившегося движения жидкости // Бюллетень политехнического общества. 1915. Вып. 1.
2. Чистопольский С. Д. Гидравлический таран. М.: Сельхозгиз. 1930.
3. Пат. № 005489. Евразийская патентная организация (ЕАПВ). МКИ F04F7/02. Водоподъемное устройство / Марухин В. В., Кутяков В. А. // Бюллетень ЕАПО. 2005. № 1.