

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **019159**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2014.01.30

(51) Int. Cl. **F04B 7/02** (2006.01)
F03B 17/06 (2006.01)

(21) Номер заявки
201100395

(22) Дата подачи заявки
2011.03.23

(54) ГИДРОТАРАННЫЙ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОР

(43) **2012.10.30**

(56) SU-A1-1751444
SU-A-47900
SU-A-1209917
JP-A-57181976
JP-A-2001275370

(96) **2011000030 (RU) 2011.03.23**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и патентовладелец:
**МАРУХИН ВЯЧЕСЛАВ
ВАЛЕНТИНОВИЧ (RU)**

(57) Изобретение относится к энергетике и предназначено для получения электрической энергии из потока воды свободно текущих рек, искусственных каналов и на выходе из плотин водохранилищ. Оно характеризуется простотой конструкции, компактными габаритами, электрической мощностью 65-65000 кВт и расчетной стоимостью изготовления 930-0,93 евро/кВт с одного квадратного метра входного потока при напорах воды 2-200 м. Данное изобретение может заменить все типы гидроагрегатов ГЭС, состоящих из гидротурбин и электрических динамо-машин и может применяться как в малой энергетике, например, там, где известные типы гидроагрегатов ГЭС из-за малого напора воды малоэффективны, так и в большой энергетике как альтернатива существующим плотинным гидроагрегатам ГЭС. Существо изобретения заключается в использовании для усиления напора воды устройства под названием "Гидравлический таран", в котором применяется особой конструкции нагнетательная камера и пьезоэлектрогенератор в виде цилиндрической оболочки этой камеры, выполненной из пьезоматериала, состоящего из нескольких слоев пьезопленки на основе полимера и пьезокерамики.

B1**019159****019159****B1**

Изобретение относится к энергетике и предназначено для получения электрической энергии из потока воды свободно текущих рек, искусственных каналов и на выходе из плотин водохранилищ.

Известно устройство [1] для получения электрической энергии из потенциальной энергии воды с помощью гидротурбины, вала вращения и электрической динамо-машины, которое размещается в теле плотины на реках и на водохранилищах, то есть выше уровня нахождения данных устройств. Известно устройство [2] для получения электрической энергии из потенциальной энергии воды с помощью гидротурбины, вала вращения и электрической динамо-машины, которое размещается в руслах рек или в искусственных каналах в полузатопленном или полностью затопленном состоянии. Известно устройство [3] для получения электрической энергии из потенциальной энергии воды с помощью гидротурбины, вала вращения и электрической динамо-машины, имеющее для искусственного усиления напора воды перед гидротурбиной совмещенное устройство под названием "Гидравлический таран" [4].

Во всех перечисленных устройствах преобразование потенциальной энергии воды в электрическую энергию происходит путем преобразования потенциальной энергии вначале в энергию вращения гидротурбины, а затем преобразования этой энергии вращения и магнитного поля в электрической динамо-машины в электрическую энергию. Однако сложность изготовления гидротурбин и электрических динамо-машин, невысокая надежность их деталей, высокая относительная стоимость, неспособность работы даже в сочетании с устройствами под названием "Гидравлический таран" [4] с высоким КПД при напорах воды менее 2 м не позволяют устройствам [1, 2, 3] эффективно использовать гидроресурсы малых рек, имеющих, как правило, напор воды не более 1-2 м, и быть доступными для массового применения.

Известно устройство [5], в котором имеется для усиления напора воды "Гидравлический таран" [4], но в отличие от устройства [3] для получения электроэнергии имеется пьезопреобразователь энергии в виде пластинчатой "перегородки из пьезокерамического материала", установленной в подающем трубопроводе "Гидравлического тарана" [4], имеющей рабочую поверхность для воздействия на нее давления жидкости при гидравлическом ударе, равную площади проходного сечения подающего трубопровода. Такая пластина из пьезоматериала будет подвергаться $2n$ (где n - число фаз нагнетания) раз сжатию от избыточного напора в "Гидравлическом таране" [4], пока идет цикл истечения жидкости из трубопровода через нагнетательный клапан. Один раз за одну полуфазу нагнетания, пока волна гидравлического удара движется от нагнетательного клапана до входа трубы, и второй раз за вторую полуфазу, пока волна гидравлического удара движется от входа трубы к нагнетательному клапану. При этом в устройстве [5] предусмотрены два таких подающих жидкость трубопровода. Однако для пьезоэлемента в виде пластины энергия [6], идущая на сжатие пластины под действием избыточного давления, в соответствии с законом Гука будет равна отношению произведения объема этой пластины на квадрат избыточного давления к удвоенной величине модуля упругости материала этой пластины. В то же время в "Гидравлическом таране" [4] энергия, идущая на деформацию подающего трубопровода на много больше, так как в каждой полуфазе нагнетания определяется интегральной суммой произведения силы избыточного давления на деформацию всей трубы. Поскольку избыточный напор, создаваемый гидравлическим ударом в течение каждой полуфазы нагнетания, в течение времени движения волны гидравлического удара от нагнетательного клапана до входа трубы увеличивает по всей внутренней поверхности участок растяжения трубы, то затем, в течение каждой второй полуфазы нагнетания, в течение времени движения волны гидравлического удара от входа трубы до нагнетательного клапана уменьшает по всей внутренней поверхности участок растяжения трубы. По величине эта энергия на основании теории "Гидравлического тарана" [4] за время нагнетания воды через нагнетательный клапан равна произведению n на величину кинетической энергии жидкости, имеющую скорость, затраченную на создание гидравлического удара, или отношению произведения n на вес жидкости, находящейся в подводящей трубе, на ускорение силы тяжести, на отношение квадрата избыточного напора, создаваемого гидравлическим ударом, к удвоенному квадрату скорости распространения возмущения в материале трубы, при каком-либо соотношении толщины стенки трубы к ее внутреннему диаметру. При этом на величину этой энергии не влияет характер изменения избыточного напора (давления) от расположения фронта волны гидравлического удара относительно нагнетательного клапана или входа трубы, то есть от характера изменения избыточного напора (давления) от времени.

Таким образом, если учесть, что "Гидравлический таран" [4] в устройстве [5] представлялся традиционно изготовленным из стали, то при типовом и допустимом для прочности соотношении толщины стенки подающей трубы к ее диаметру скорость распространения волны возмущения (местная скорость звука) в таком подающем трубопроводе должна равняться 1300-1400 м/с [4]. А время открытия нагнетательного клапана должно быть не менее 0,01 с [4]. Следовательно, длина трубопровода устройства [5] должна быть не менее 13,4-13,5 м. Тогда из сравнения расчетных значений указанных энергий при числе фаз нагнетания, равном 3, что, как правило, реализуется при устойчивой работе "Гидравлического тарана" [4], и соответствующем этому числу отношении скорости воды, затраченной на создание гидравлического удара к начальной скорости воды до возникновения гидравлического удара, равно 0,2, получается, что, если даже использовать в устройстве [5] пьезопластину из самого лучшего из современных пьезоматериалов - пьезокерамического материала APC841, имеющего наибольший из пьезоэлектриков коэффициент электромеханической связи, равный 0,77 [7], и взять фантастическую толщину этой пластины

в 1 м, возможный выход электроэнергии от такой пластины при двухстороннем воздействии давления из двух подводящих трубопроводов на эту пьезопластину не может быть более 0,02% от кинетической энергии массы воды в трубе при ее начальной скорости до возникновения гидравлического удара, которая является мерой предельно возможной энергии, если бы на выходе "Гидравлического тарана" была установлена гидротурбина и электрическая динамо-машина.

Новые высокопрочные и легкие конструкционные материалы типа углепластика или органоластика с удельным весом $\sim 1300 \text{ кг/м}^2$, имеющие прочность, сравнимую с прочностью легированной стали, позволяют создать конструкцию тарельчатого типа ударного и нагнетательных клапанов, у которых отношение веса клапана к кубу внутреннего диаметра подающего трубопровода не более 15. Что позволяет, исходя из условий работы этих клапанов [8, 9], обеспечить время открытия - закрытия клапанов 0,001 с и менее. Таким образом, длину питающего трубопровода в устройстве [5] в настоящее время можно уменьшить до 1,34-1,35 м. Однако, как показывают расчеты, и при этом выход электроэнергии в устройстве [5] не может превысить 0,1% от возможной энергии.

В случае использования пьезоэлемента, выполненного в виде всей трубы подающего трубопровода, поскольку поверхность воздействия давления гидроудара на пьезоматериал в этом случае будет максимальной, можно получить выход электроэнергии несколько больший по сравнению с пластиной в устройстве [5].

Известно, что явление гидравлического удара в трубах с жидкостью является следствием упругости материала стенок трубы. Чем больше упругость, тем больше сила гидравлического удара. В "Гидравлическом таране" [4] в период времени, когда труба под давлением гидравлического удара раздувается, в увеличившийся объем трубы втекает от входа трубы дополнительная масса воды. А в период, когда определенное количество жидкости через нагнетательный клапан из трубы под давлением гидравлического удара выбрасывается, раздутие трубы уменьшается и затем отсутствует. В этот период материал стенки трубы своей упругостью полностью возвращает столбу жидкости в трубе всю затраченную энергию на деформацию трубы в предыдущий период. В случае трубы, изготовленной частично или полностью из пьезоматериала, энергия на деформацию стенки трубы, как и энергия на деформацию стенки трубы из любого материала, также полностью возвращается жидкости. Таким образом, энергия пьезоэффекта, хотя и связана по величине через коэффициент электромеханической связи с величиной энергий на деформацию стенки трубы, в данной трубе будет не вычитаться из затраченной на деформацию энергии, а являться дополнительной энергией, освобождаемой в пьезоматериале ввиду изменения ионных потенциалов его молекул. При этом отвод электрической энергии, будет или не будет он осуществляться, на основании теории "Гидравлического тарана" [4] не будет влиять на количество жидкости, поступающее из подводящей трубы через нагнетательный клапан под избыточным напором, и не будет влиять на величину избыточного напора. И величина получаемой энергии на деформацию пьезоэлектрика в каждой фазе нагнетания будет равна, как указано выше, кинетической энергии воды, имеющей скорость, затраченную на создание гидравлического удара, или равна отношению произведения веса воды, находящейся в подводящей трубе, на ускорение силы тяжести на квадрат избыточного напора, создаваемого гидравлическим ударом, к удвоенному квадрату скорости распространения возмущения в материале трубы. Соответственно, электроэнергия, которая может быть получена за весь цикл нагнетания воды, будет равна этой энергии, умноженной на $2n$ и умноженной на коэффициент электромеханической связи пьезоматериала. Для такого пьезоэлемента, как показывают расчеты, при числе фаз нагнетания, равном 3, и использовании пьезоматериала с коэффициентом электромеханической связи, равным 0,77, можно получить выход электроэнергии, равный 18,5%. Однако изготовление трубы, например, диаметром 0,5 м и длиной 1,34-1,35 м из пьезокерамического материала для получения приемлемой электрической мощности при низкой стоимости изготовления является пока технически не возможным.

В то же время известно, что в "Гидравлическом таране" [4] полная энергия количества воды, поступающей в другую функциональную его часть - в воздушную камеру за один цикл нагнетания из подающего трубопровода через нагнетательный клапан, практически равна кинетической энергии количества воды в подающем трубопроводе при ее начальной скорости до возникновения гидравлического удара. Поскольку эта камера в период нагнетания находится под давлением нагнетенной воды и сжатого ее воздуха, то принципиально возможно изготовить такую камеру, частично или полностью выполненную из пьезоматериала. Однако энергия, которая будет затрачиваться на деформацию стенок такой камеры, а следовательно, может быть использована для получения электроэнергии из пьезоматериала, будет меньше полной энергии, вносимой водой через нагнетательный клапан, на величину энергии, необходимой на сжатие находящегося в камере воздуха. При этом давление воды и воздуха в камере всегда меньше, чем давление, с которым вода подается в камеру из подающего трубопровода. Поэтому, чтобы уменьшить потери при получении электрической энергии, необходимо исключить нахождение какого-либо количества воздуха в камере нагнетания.

Конструктивная схема предлагаемого устройства, также использующего для усиления напора воды устройство "Гидравлический таран" [4] и пьезоэлектрический преобразователь, но лишённого недостатков устройств [1, 2, 3, 5] и обеспечивающего максимально возможное количество электрической энергии по отношению к располагаемой энергии, а также относительно высокую электрическую мощность, при-

ведена на фиг. 1.

Предлагаемое устройство состоит из подающего трубопровода 1 диаметром D_1 и длиной L_1 , коробки 2 ударного клапана, переходника 3, ударного клапана тарельчатого типа 4, нагнетательного клапана тарельчатого типа 5 с пружиной 6 и нагнетательной камеры 7 диаметром D_2 и длиной L_2 со сливным отверстием 8 диаметром D_3 , у которой цилиндрическая часть 9 выполнена частично из пьезоматериала.

Указанные преимущества достигаются тем, что нагнетательная камера 7 со сливным отверстием 8 в отличие от обычной нагнетательной камеры "Гидравлического тарана" [4], располагающейся вертикально, в предлагаемом устройстве располагается горизонтально, находится постоянно в окружающем устройстве потоке воды и поэтому до начала цикла нагнетания, во время цикла нагнетания и после цикла нагнетания постоянно и полностью заполнена водой. При этом все весовые и другие конструктивные параметры устройства подбираются так, чтобы размеры камеры 7 обеспечивали минимальную массу пьезоматериала.

Предлагаемое устройство должно располагаться в потоке воды свободно текущих рек, искусственных каналов и на выходе из плотин водохранилищ так, как показано на фиг. 2. Устройство может располагаться в свободно текущем потоке рек-каналов (фиг. 2а) и на выходе открытого водовода (фиг. 2б), спускающего открытый поток воды с какой-либо высоты, в горизонтальном положении. При таком расположении обязательным условием работоспособности является расположение уровня воды в реке-канале ниже, чем выходное отверстие коробки ударного клапана, для необходимого в начале каждого цикла работы слива воды. Устройство может быть непосредственно присоединено к любому трубопроводу с водой (фиг. 2с) через буферную камеру, размеры которой определяются теорией "Гидравлического тарана" [4].

Работа предлагаемого устройства происходит следующим образом.

При открытии ударного клапана 4 вода, находящаяся в подающем трубопроводе, приходит в движение и начинает истекать из коробки ударного клапана 3 через открытый ударный клапан 4 с увеличивающейся скоростью. Определенный скоростной напор воды на клапан 4 из подающего трубопровода через определенное время закрывает клапан 4 и создает гидравлический удар. Повышение давления в подающем трубопроводе, преодолевая силу пружины 6, приоткрывает нагнетательный клапан 5. Через приоткрытый клапан 5 вода, пока волна гидравлического удара в подающем трубопроводе 1 движется к входу питающего трубопровода, начинает поступать с увеличивающейся скоростью в заполненную водой камеру 7. При соприкосновении поступающей воды и неподвижной воды в камере 7 возникает местный гидравлический удар с давлением, соответствующим конструктивным характеристикам камеры и скорости втекания. Это давление меньше, чем давление на нагнетательный клапан со стороны подающего трубопровода. Поэтому нагнетательный клапан по-прежнему открывается, а вода из подающего трубопровода поступает в камеру 7. От входа камеры 7 вдоль камеры 7 начинает распространяться местный гидравлический удар со скоростью местной волны возмущения. При этом вода, поступающая из подающего трубопровода через нагнетательный клапан в камеру 7, втискивается в дополнительный объем камеры, который появляется в результате упругой деформации стенок 9 такой камеры. В процессе цикла нагнетания воды в камеру 7, как и в обычном "Гидравлическом таране" [4], в определенный момент клапан полностью открывается и в камеру 7 нагнетается определяемое циклом нагнетания все количество воды. В момент окончания цикла нагнетания в подающем трубопроводе в районе переходника 3, как и в обычном "гидравлическом таране" [4], возникает зона разряжения с давлением ниже атмосферного, в результате чего нагнетательный клапан 5 от противодействия из камеры 7 закрывается, а ударный клапан от атмосферного давления открывается. К этому моменту, поскольку длина L_2 камеры 7 выполняется равной расстоянию, которое волна местного гидравлического удара проходит за время цикла нагнетания, через сливное отверстие 8 начинается истечение избытка воды в камере 7 и возврат размеров камеры 7 ввиду уменьшения в ней давления в исходное состояние. При этом в тот момент, когда волна возмущения достигнет конца камеры 7 и сливного отверстия 8, избыточное давление всей массы жидкости, за вычетом малых потерь в нагнетательном клапане 5, будет равно избыточному давлению, под которым поступала вода из подающего трубопровода. Диаметр D_3 сливного отверстия 8 выбирается таким, чтобы время истечения втесненного в камеру 7 избытка воды было меньше или равно времени разгона воды в подающем трубопроводе 1 в новом цикле нагнетания до той же скорости, при которой возник гидравлический удар в первом цикле нагнетания. В такой камере 7 на упругую деформацию стенок камеры идет вся энергия поступившей воды. Эта энергия при упругости материала торцевой части камеры, в которой расположено сливное отверстие 8, значительно большей, чем упругость материала цилиндрической части 9 камеры 7, практически равна сумме потенциальной и кинетической энергии нагнетенной воды. Таким образом, если цилиндрическая часть 9 камеры 7 частично или полностью состоит из пьезоматериала, то возможный выход электроэнергии будет равен произведению разности кинетической энергии столба воды в подающем трубопроводе в момент возникновения первого гидравлического удара и кинетической энергии столба в подающем трубопроводе в момент окончания цикла нагнетания воды на величину коэффициента электромеханической связи этого пьезоматериала, и умноженной на величину доли пьезоматериала в конструкционной массе, из которой выполнена эта цилиндрическая часть 9 камеры 7.

Известно [10], что имеются пластические пьезоматериалы на основе пленок толщиной несколько

десятков и сотен микрон на основе поливинилиденфторида (ПВДФ) и сополимеров виниденфторида с трифторэтиленом (ВДФ+ТрФЭ), у которых модуль упругости на порядок и более ниже, чем у пьезокерамики, а коэффициент электромеханической связи равен 0,3. Известно [11, 12], что имеются пластические материалы на основе пленок ПВДФ и пьезокерамики ЦТС, у которых модуль упругости близок к модулю упругости ПВДФ, а коэффициент электромеханической связи равен 0,3-0,6. Для практического использования нанопьезопленок на основе ПВДФ создано промышленное производство [13] более толстых пластических пьезопленок на основе ПВДФ и пьезокерамики толщиной до 1 мм и шириной до 1250 мм с напылением поверхностей металлом и выводами - контактами для снятия вырабатываемого электрического потенциала. Продажная стоимость таких пьезопленок на основе ПВДФ составляет \$ 66-88 за 1 кг [13]. Следовательно, в качестве цилиндрической части 9 камеры 7 можно использовать пластиковую или металлопластиковую трубу, конструкция которой по ее толщине схематично изображена на фиг. 3. Данная пластиковая или металлопластиковая труба может состоять из наружной электроизолирующей оболочки 1, внутренней пластиковой или металлической силовой оболочки 6 и намотанной в несколько слоев пьезопленки 5 на основе ПВДФ. В торцевой части данной конструкции может быть уложен жгут плоских электровыводов 4, скрепленных с общим электровыводом 2. Для герметизации электровыводов 2, 4 и обеспечения прочности всей конструкции может быть использовано кольцо-вставка 3. При этом масса нескольких слоев пьезопленки 6 на основе ПВДФ может составлять 87-93% от общей массы трубы, если все остальные детали такой трубы выполнить из того же, но не обладающего пьезосвойствами ПВДФ или из какого-либо иного прочного и близкого по плотности материала. Внутренняя пластиковая или металлопластиковая силовая оболочка может быть, например, цилиндрической частью единой конструкции, состоящей из переходника 3 (фиг. 1) и торцевой части камеры 7 со сливным отверстием 8 (фиг. 1), на которую наматываются слои пьезопленки на основе ПВДФ.

Учитывая, что работа "Гидравлического тарана" [4] характеризуется малым временем цикла нагнетания и до повторения нового цикла нагнетания в несколько раз большим по сравнению с этим временем временем разгона воды, то величины создаваемой пьезоматериалом электродвижущей силы и, соответственно, количество возможной электроэнергии будут носить тот же по времени характер. Во время каждого цикла нагнетания на преобразование будет использоваться половина энергии цикла, а во время истечения воды из камеры 7 (фиг. 1) через сливное отверстие 8 - вторая половина энергии цикла. Поэтому выработка электрической энергии от данного устройства будет характеризоваться пиковой максимальной мощностью, достигаемой за время цикла нагнетания, и определенной средней мощностью за время одного цикла работы устройства. Типовая зависимость мощности от времени в течение каждого цикла работы данного устройства представлена на фиг. 4.

Если в качестве пьезоматериала цилиндрической части 9 камеры 7 (фиг. 3) использовать пьезокомполит ПКР-ЗМ [12, 13] (50% ПВДФ - 50% ЦТС), в качестве материала наружной электроизолирующей оболочки - не обладающий пьезосвойствами ПВДФ, в качестве материала ударного и нагнетательного клапанов - органопластик [14], а в качестве материала подающего трубопровода 1, переходника 3, торцевой части камеры 7 (фиг. 1) и силовой оболочки 6 (фиг. 3) - алюминиевый сплав В-95Т1, то на основании формул теории "Гидравлического тарана" [4], теории прочности и средней промышленной стоимости изготовления указанных материалов можно получить, что $L_2=1,64L_1$, $D_2=0,64D_1$ (при $S_1=0,785D_1^2$) и расчетные параметры, приведенные на фиг. 5(а, б, в), пригодные для оценки возможностей такого устройства и его проектирования при входных напорах воды H до 200 м и заданной средней мощности N .

Для сравнения с устройствами, содержащими гидротурбину и электрическую динамо-машину, следует учитывать существующую в настоящее время среднюю удельную себестоимость изготовления одного кВт мощности устройства, состоящего из гидротурбины и электрической динамо-машины, представленную графиком на фиг. 5(д) [15]. И то, что КПД таких устройств-гидроагрегатов резко падает при входных напорах воды менее 3 м, в свободно текущем потоке воды не может быть более 0,2 [16]. Для гидроагрегатов плотинных ГЭС их КПД - отношение получаемой электрической энергии к энергии воды, поступающей определенным образом на лопасти гидротурбины. Этот КПД достигает 0,95. Но если считать КПД таких гидроагрегатов так же, как для предлагаемого устройства, то этот КПД будет меньше, поскольку живое сечение потока проходящей через турбину воды из-за стеснения воды лопатками гидротурбины и из-за существующих способов подачи на них воды меньше сечения подводящего трубопровода. Например, для гидроагрегата Саяно-Шушенской ГЭС мощностью 640 МВт при расчетном напоре воды, равном 194 м на выходе подающего трубопровода диаметром 7,5 м, на входе в гидроагрегат из-за конструкции гидротурбины такой КПД должен быть равным 0,123. Предлагаемое устройство, если его установить через соответствующую буферную камеру, обеспечивающую тот же напор воды на входе подающего трубопровода диаметром 7,5 м (D_1), на основании расчетных зависимостей основных параметров, приведенных на фиг. 5 (а, б, в), будет иметь расчетную среднюю мощность ~2762 МВт при расчетной удельной стоимости изготовления ~6,5 евро/кВт. То есть такое устройство при относительно не больших габаритах ($L_1=14,1$ м, $D_2=4,8$ м, $L_2=23,1$ м), простоте и, соответственно, надежности конструкции, меньшей стоимости изготовления может обеспечить мощность в 4,3 раза большую, чем используемый на Саяно-Шушенской ГЭС гидроагрегат. Для напора, равного 4 м, и мощности, равной 10 кВт, предлагаемое устройство на основании тех же расчетных зависимостей основных параметров, приведен-

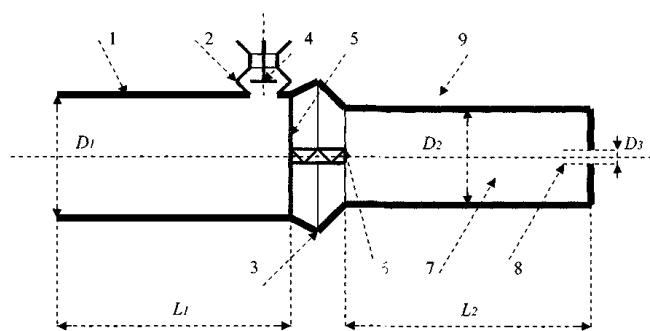
ных на фиг. 5 (а, b, с), при приемлемых для бытового использования габаритах ($D_1=270$ мм, $L_1=500$ мм, $D_2=170$ мм, $L_2=800$ мм) будет иметь расчетную стоимость изготовления ~ 770 евро. Для сравнения средняя стоимость изготовления гидроагрегата, состоящего из гидротурбины и электрической динамо-машины мощностью, равной 10 кВт, на основании графика на фиг. 5 (d) равна ~ 8400 евро. А реальная продажная стоимость гидроагрегата мощностью 10 кВт, состоящего из гидротурбины и электрической динамо-машины для входного напора воды, равного 4 м, мощностью 10 кВт, может быть равна ~ 11000 евро [17].

- [1]. Патент RU № 2189492 C2 от 02.09.2002.
- [2]. Патент RU № 2163691 C1 от 27.02.2001.
- [3]. Патент DE № 102004037923 A1 от 16.03.2006.
- [4]. Овсепян В.М. Гидравлический таран и таранные установки//М., 1968.
- [5]. Патент SU № 1751444 A1 от 30.07.1992.
- [6]. <http://www.edu.yar.ru/russian/proiects/socnav/prep/phis001/dyn/dyn10.html>.
- [7]. <http://www.symmetron.ru/suppliers/apc/index.shtml>.
- [8]. Лаврентьев А.И. Гидравлический таран//М., Машиностроение, 1940.
- [9]. Искандарян А.А. Определение оптимальных значений некоторых параметров гидравлического тарана/Труды НИИ автоматики, 1969.
- [10]. <http://iournals.ioffe.ru/ftt/2006/06/p963-964.pdf>.
- [11]. <http://www.science.gov.az/phvsics/transactions/2006/v2article/art08.pdf>.
- [12]. <http://zhurnal.aperelarn.ru/articles/2004/162.pdf>.
- [13]. <http://www.meas-spec.com>.
- [14]. <http://www.plastinfo.ru>.
- [15]. <http://www.energoproiects.ru/index.php?action=catalog&lang=rus&id=82>.
- [16]. <http://www.rosinmn.ru/qidro/teoria napora.htm>.
- [17]. <http://inset.ru/r/obor tab.htm>.

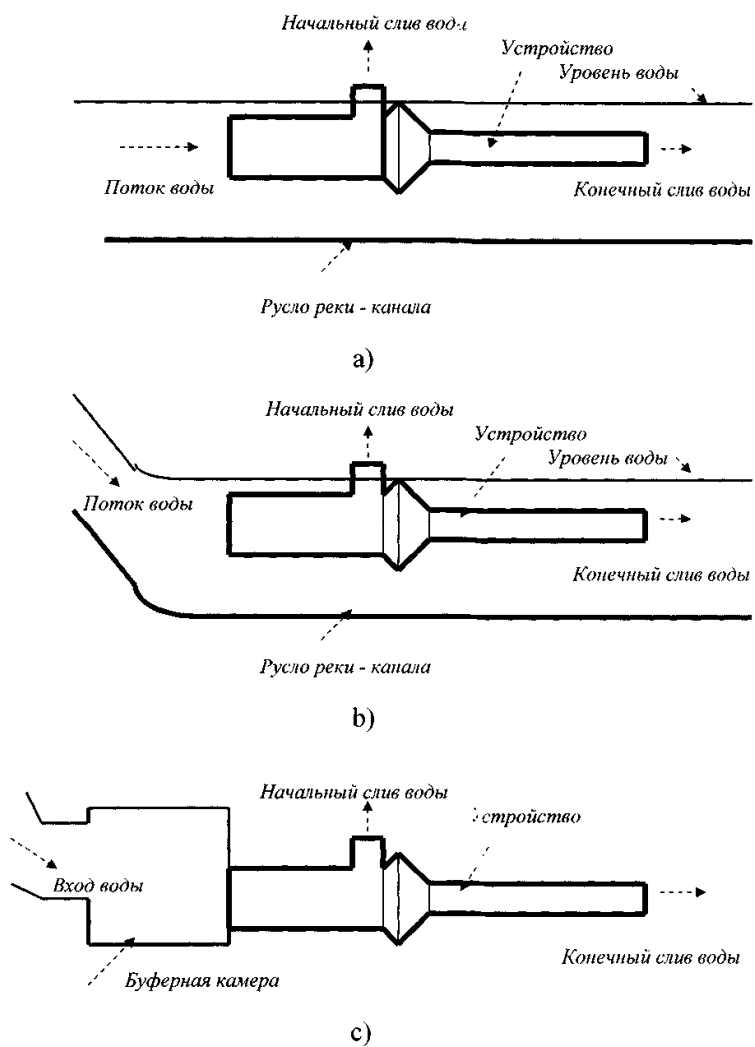
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Электрогенератор, работающий по принципу гидротарана, состоящий из подающего трубопровода (1) с ударным клапаном (2), переходника (3) с установленным внутри него нагнетательным клапаном (5) и цилиндрической камеры (7), при работе заполненной водой и погружаемой в воду, расположенной вдоль оси подающего трубопровода (1), при этом подающий трубопровод (1) связан с нагнетательной камерой (7) через переходник (3), а нагнетательная камера (7) содержит пьезоэлектрический генератор в виде оболочки данной камеры, изготовленной из пьезоэлектрического материала.

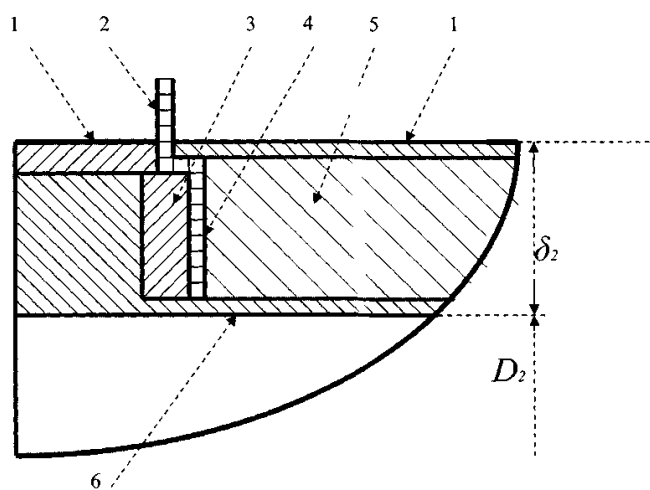
2. Электрогенератор по п.1, содержащий пьезоэлектрический генератор, при этом пьезоэлектрический генератор выполнен в виде цилиндрической оболочки нагнетательной камеры (7) из нескольких слоев пьезопленки из пьезокомпозита на основе полимера и пьезокерамики, намотанной на силовую оболочку из прочного материала, покрытой снаружи защитным и электроизолирующим слоем того же полимера и снабженной электровыводами для подключения токоотводящей линии.



Фиг. 1

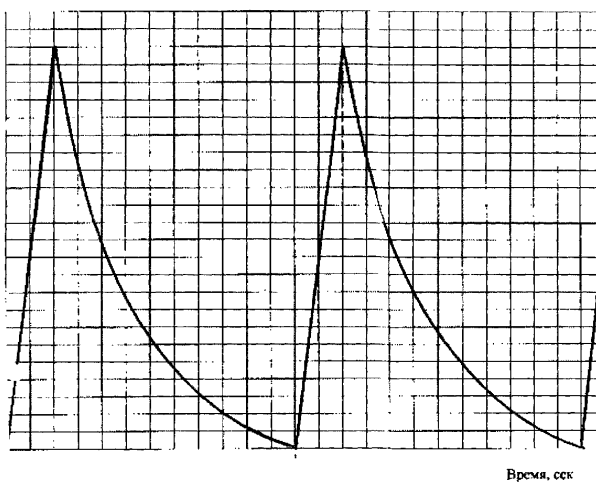


Фиг. 2



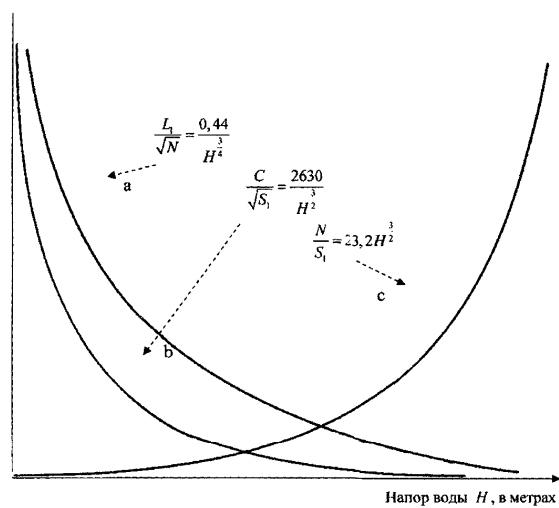
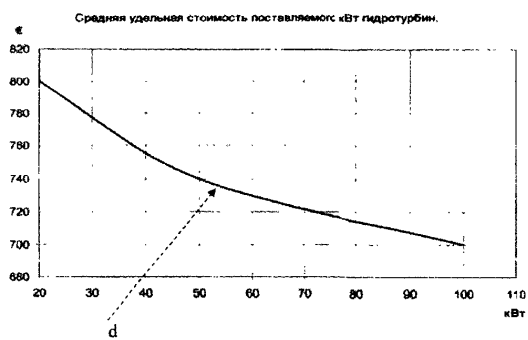
Фиг. 3

Мощность, кВт



Время, сек

Фиг. 4

Напор воды H , в метрах

Фиг. 5



Евразийская патентная организация, ЕАПВ
Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2