

М.М. МУХАММАДИЕВ

Б.У. УРИШЕВ

К.С. ДЖУРАЕВ

Ж.М. МАХМУДОВ

ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

WATER-STORAGE POWER STATION PLANTS OF LOW POWER

Приведена методика определения основных параметров нового водоподъемного устройства, используемого в составе гидроаккумулирующей электростанции малой мощности. Показаны результаты расчетов по данной методике для гидроаккумулирующей электростанции мощностью 10 кВт. Результаты расчетов струйного аппарата и эрлифтной установки, предназначенных для работы в составе гидроаккумулирующей электростанции, показали пригодность предлагаемой авторами методики, которую можно использовать при проектировании гидроэнергетических установок, работающих с водоподъемными устройствами, использующими энергию взаимодействия воды и сжатого воздуха.

Ключевые слова: гидроаккумулирующие электрические станции, водоподъемное устройство, малая мощность, методика определения.

Для всех стран мира использование возобновляемых источников энергии в настоящее время актуально как никогда, в связи с тем что их эффективность способна повысить энергетическую и экологическую безопасность, а также экономический уровень развития страны [1-5]. В составе различных видов энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии особое место занимают гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) [6-9]. Их существенное преимущество заключается в том, что они могут реализовать специфическую и очень важную возможность двойного регулирования мощности, работая в генераторном или нагрузочном режимах [10-14]. Такая возможность полезна при использовании ГАЭС для решения широкого

The technique of determining the basic parameters of the new water-lifting devices used in the composition of the pumped storage power plant of small capacity. Show the results of calculations by this technique for a pumped storage power plant of 10 kW. The results of calculations of the jet device and air-lift installation designed to work in PSP, showed the suitability of the proposed methodology that can be used in the design of hydropower facilities operating with a water-lifting devices using the energy of interaction between water and compressed air.

Keywords: pumped storage power station, water lifting device, low power, method of determining.

спектра режимных задач электроэнергетической системы (ЭЭС):

а) в периоды снижения нагрузки в ЭЭС ГАЭС в насосном режиме аккумулируют водную энергию в верхнем бассейне, потребляя электрическую энергию;

б) в период пиковой нагрузки ЭЭС агрегаты ГАЭС переводятся в турбинный режим для выработки электрической энергии;

в) ГАЭС можно использовать для стабилизации частоты тока и покрытия аварийной нагрузки в системе.

Использование ГАЭС в вышеназванных режимах улучшает условия функционирования ЭЭС, повышает надежность и эффективность базисных электрических станций, что характеризуется сле-

дующими показателями: увеличивается срок службы теплоэнергетического оборудования на 15–20 %, сокращаются затраты на текущий и капитальный ремонт примерно на 20 %, сокращаются простои оборудования при аварийном, текущем и капитальном ремонтах на 20–30 % [6].

Помимо вышеприведенных преимуществ, ГАЭС могут иметь так называемый топливный эффект, который достигается за счет разности расходов топлива в ЭЭС в периоды аккумуляции энергии и генерирования пиковой мощности. В периоды пониженной нагрузки ГАЭС заряжается при удельном расходе условного топлива базисными электростанциями $G_{\text{н}} = 0,25\text{--}0,27$ кг/ (кВт·ч). В генерирующем режиме ГАЭС заменяет нагрузки теплоэнергетических установок в пиковых режимах с удельным расходом условного топлива – $G_{\text{г}} = 0,5$ кг/ (кВт·ч). Если КПД ГАЭС принимать $\eta = 0,70\text{--}0,75$, то удельная экономия топлива $\Delta G = (G_{\text{г}} - G_{\text{н}}) / \eta$ составляет 0,1–0,14 кг/ (кВт·ч) [1].

ГАЭС можно использовать для обеспечения сглаживания непродолжительных колебаний нагрузки, которые по амплитуде составляют 0,5–1,0 % от максимальной нагрузки системы, по продолжительности – несколько десятков минут. При этом число пусков-остановок агрегатов ГАЭС может достигнуть до 2000–2500 в течение года. Если на один пуск агрегата газотурбинной установки мощностью 100 МВт расходуется 3,5 т у.т., то при этом получаемая экономия топлива увеличивается до 0,18–0,20 кг/ (кВт·ч) [1].

Эксплуатационные показатели ГАЭС прежде всего зависят от размеров затрат на подачу использованной воды из нижнего водоёма в верхний. Обычно для этой цели используются насосные агрегаты, у которых линия всасывания соединена с нижним водоемом (баком), а линия нагнетания – с верхним водоемом (баком). При этом насосные агрегаты потребляют на 18–38 % больше вырабатываемой турбинами ГАЭС энергии [1]. Из сказанного ясно, что уменьшение затрат на подачу воды в верхний бассейн бесспорно повышает эффективность функционирования ГАЭС. В условиях ограничения подачи электроэнергии владельцам небольших предприятий и другим индивидуальным потребителям можно использовать малые энергетические установки с гидроаккумуляторами (с небольшими емкостями в верхнем и нижнем бассейнах) для удовлетворения своих потребностей в энергии.

Вода имеет неисчерпаемую жизненную силу для всего живого на свете, в том числе необходимую

энергию. Если использовать эту энергию подобающим образом, направляя ее в нужное русло, то можно решить множество проблем удовлетворения различных потребностей человечества.

Так, например, преимущественно для использования в гидроэнергетических установках малой мощности авторами предложено применение гидравлических таранов, подающих воду в верхний водоём, используя силу гидравлического удара потока воды, движущегося в трубе [2]. Таран может работать автоматически без осмотра в течение длительного времени, используя лишь мощность водной энергии. При использовании нескольких работающих в каскадном порядке таранов до 70–80 % воды из нижнего бака можно подавать в верхний бак без потребления электрической энергии. Одним из недостатков такого комплекса гидротаранов является неизбежность подачи некоторой части воды насосами в верхний бак и использование нескольких гидротаранов в каскадном режиме. Это в какой-то степени усложняет конструкцию и удорожает стоимость устройства.

Ещё одним предложением авторов, заявленным на выдачу патента на изобретение в агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан, является устройство ГАЭС малой мощности [3]. Данная установка имеет верхний и нижний баки, гидротурбину, систему на базе струйного аппарата и эрлифта для подачи воды в верхний бак (рис. 1).

Установка работает следующим образом. Отработанная вода из нижнего бака 3 через подводящую трубу 5 поступает в водовоздушный струйный аппарат 6, который служит для засоса воздуха из атмосферы при подаче воды в гидропневмоаккумулятор 7. Благодаря этому поток насыщается пузырьками воздуха, т.е. становится аэрированным. Попадая в гидропневмоаккумулятор 7, аэрированный поток воды разделяется на воду, которая оседает внизу аккумулятора, и на воздух, располагающийся над поверхностью воды. При дальнейшем поступлении аэрированного потока воды давление воздуха в гидропневмоаккумуляторе 7 постепенно повышается.

В результате этого, согласно закону сообщающихся сосудов, уровень воды в водоподъемной трубе 8 поднимается, и он может дойти до отметки поверхности воды в нижнем баке. Если в этот момент открыть запорный клапан 10, установленный в трубке для подачи сжатого воздуха 9, за счет разности давлений в аккумуляторе и в точке подачи воздуха (которое эквивалентно высоте H_d) воздух будет по-

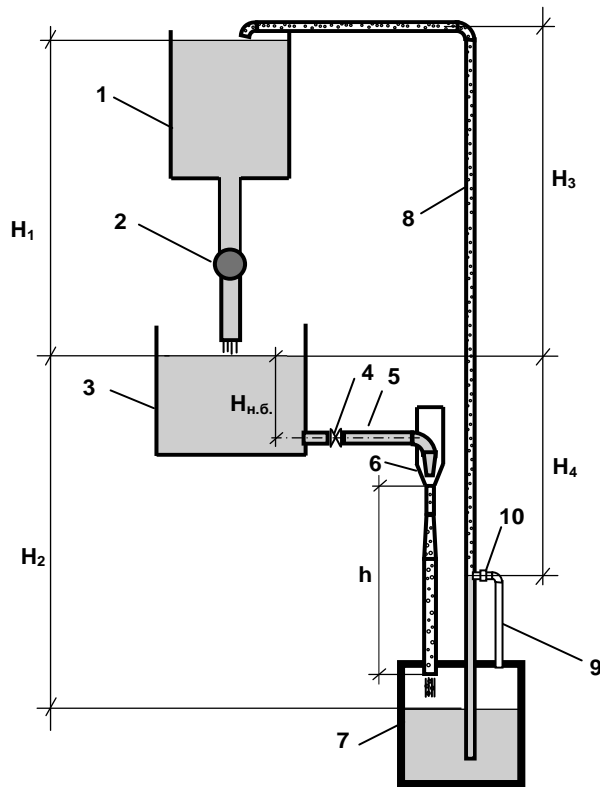


Рис. 1. Схема энергетической установки с новым водоподъемным устройством:
 H1, H2, H3, H4 – высота участков установки;
 H н.б. – глубина воды в нижнем баке;
 1 – верхний бак; 2 – гидротурбина; 3 – нижний бак;
 4 – задвижка (вентиль); 5 – подводящая труба;
 6 – струйный аппарат; 7 – гидропневмоаккумулятор;
 8 – водоподъемная труба; 9 – трубка для подачи сжатого воздуха; 10 – запорный клапан

ступать в трубу 8. Под действием сжатого воздуха в трубе 8 начинается движение столба водовоздушной эмульсии вверх по принципу действия эрлифта, работающего как водоподъемная установка, благодаря разности плотности воды и эмульсии. Принцип действия и некоторые конструкции эрлифтов приведены в работах [4, 5]. Поступление воздуха в водоподъемную трубу 8 приводит к снижению давления в аккумуляторе 7, вследствие чего увеличивается расход воды в подводящей трубе 6 и, следовательно, снова повышается давление воздуха в аккумуляторе 7. Вышеприведенный процесс вновь повторяется, и в верхний бак подается очередной объем воды.

Основное требование для эффективной работы эрлифта заключается в том, чтобы водовоздушная эмульсия перемещалась вверх по водоподъемной трубе 8, давление воды в точке подачи воздуха должно быть больше, чем давление столба водовоздушной эмульсии, т.е. необходимо сохранить неравенство

$$\rho H_4 > \rho_{эм} (H_3 + H_4), \text{ кг/м}^3, \quad (1)$$

где ρ – плотность воды; $\rho_{эм}$ – плотность водовоздушной эмульсии, определяемая выражением

$$\rho_{эм} = \rho \cdot (1 - q) + \rho_{в03} \cdot q, \quad (2)$$

где $q = Q_{в03} / (Q + Q_{в03})$ – коэффициент расхода воздуха;
 $Q_{в03}$ – расход воздуха, подаваемого в водоподъемную трубу, м³/с;

Q – расход воды, подаваемой в верхний бак, м³/с;

$\rho_{в03}$ – плотность воздуха, кг/м³.

Расход воздуха $Q_{в03}$ в работе [4] предлагается определить с помощью следующей зависимости:

$$Q_{в03} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot q_0 \cdot Q, \quad (3)$$

где α_1 – коэффициент, учитывающий температуру воздуха;

α_2 – коэффициент, учитывающий абсолютную отметку местности, где будет установлено устройство;

q_0 – удельный расход воздуха на 1 м³ поднимаемой воды; определяют по формуле, полученной для изотермического сжатия воздуха,

$$q_0 = \frac{H_3}{23 \cdot \eta_{эр} \lg[(H_4 + 10)/10]}, \quad (4)$$

где $\eta_{эр}$ – коэффициент полезного действия эрлифта.

Таким образом, основные параметры предлагаемого устройства Q и H_3 зависят от показателей H_4 , $Q_{в03}$ и $\eta_{эр}$. Величину расхода воды Q в работе [5] предлагается определить по следующей зависимости:

$$Q = \eta_{эр} \cdot \frac{10}{H_3} \cdot Q_{в03} \cdot \ln(0,1 \cdot H_4 + 1). \quad (5)$$

Движение водовоздушной эмульсии по трубе 8 представляет собой достаточно сложный технологический процесс взаимодействия двух фаз жидкости и трудно поддается теоретическим расчетам, поэтому при расчетах принимают ряд допущений, а для определения размеров и параметров эрлифтной установки широко используют опытные данные.

Так, например, для определения ориентировочных значений вышеназванных параметров можно воспользоваться таблицей, приведенной в работах [4, 5] (табл. 1).

Для расчета параметров устройства предварительно задаются величины Q и H_3 , характеризующие расходы и напоры турбины ГАЭС. Затем, принимая по табл. 1 величину H_4/H_3 , $\eta_{эр}$ и q , определяют значения H_4 и $Q_{в03}$ по формуле (3).

Ориентировочные значения параметров эрлифтной установки

Параметры	Значения $H_3 + H_4$, м				
	До 15	15 – 30	30 – 60	60 – 90	90 – 120
H_4 / H_3	1,5 – 2,0	1,2 – 1,5	1,0 – 1,2	0,75 – 1,0	0,65 – 0,75
q	1,5 – 2,0	2,0 – 2,5	2,5 – 3,0	3,0 – 3,5	3,5 – 4,0
$\eta_{эр}$	0,59 – 0,57	0,57 – 0,54	0,54 – 0,50	0,50 – 0,41	0,41 – 0,40

Основные параметры водовоздушного струйного аппарата должны быть определены во взаимосвязи с параметрами эрлифта, так как необходимый расход воздуха для работы эрлифта должен обеспечивать струйный аппарат, основным показателем которого является объемный коэффициент инжекции [6]:

$$u_o = Q_{\text{воз}} / Q_6, \quad (6)$$

где Q_6 – расход воды, подаваемой в струйный аппарат. Для обеспечения баланса расходов воды в ГАЭС можно принимать $Q_6 = Q$.

Для эффективной работы струйного аппарата необходимо обеспечить рабочие параметры ещё двух показателей – давления вытекающей из сопла воды P и водовоздушной эмульсии за диффузором $P_{эм}$. В случае расположения струйного аппарата на определенной высоте над уровнем воды в гидропневмоаккумуляторе, величина $P_{эм}$ определяется следующим выражением [6]:

$$P_{эм} = P_{ак} + \Delta P - \rho_{эм} \cdot g \cdot h. \quad (7)$$

Здесь $P_{ак}$ – давление воздуха в аккумуляторе, которое зависит от величины H_4 ; ΔP – потери напора в трубопроводе струйного аппарата; h – высота расположения струйного аппарата.

Давление воздуха в гидропневмоаккумуляторе по рекомендации, приведенной в [4], должно быть вычислено по следующей зависимости:

$$P_{ак} = \rho_{эм} \cdot g \cdot H_4 + \Delta H_{\text{воз}}, \quad (8)$$

где $\Delta H_{\text{воз}}$ – потери напора в трубке для подачи сжатого воздуха; g – ускорение свободного падения, м/с².

С учетом надежного обеспечения необходимого давления воздуха и за счет пренебрежения величиной $\Delta H_{\text{воз}}$ считаем целесообразным вычислить $P_{ак}$ с некоторым коэффициентом запаса K_3 .

$$P_{ак} = K_3 \cdot \rho_{эм} \cdot g \cdot H_4, \quad (9)$$

где $K_3 = 1,2-1,4$.

Скорость вытекающей воды v на выходе из сопла, на основании известных законов гидравлики, предлагается рассчитать по следующей зависимости [6]:

$$v = 0,95 \sqrt{2gH_{н.б.}}, \quad (10)$$

где $H_{н.б.}$ – глубина воды в нижнем баке.

С другой стороны, величина скорости воды на выходе из сопла может быть определена из выражения давления воды P , которое выглядит так:

$$P = H_{н.б.} \cdot \rho \cdot g = v^2 \cdot \rho / 2, \quad \text{Па}. \quad (11)$$

Отсюда

$$v = \sqrt{2 \cdot P / \rho}. \quad (12)$$

Значение минимального давления воды P , при котором возможна работа струйного аппарата, может быть определено следующей эмпирической зависимостью [6]:

$$P = \frac{P_{эм}}{2} \cdot \left(\frac{\omega_{к.с.}}{\omega_c} \right)_{\text{опт}}, \quad (13)$$

где $\left(\frac{\omega_{к.с.}}{\omega_c} \right)_{\text{опт}}$ – оптимальное отношение площадей камеры смещения $\omega_{к.с.}$ и рабочего сопла ω_c струйного аппарата, которое определяется по следующей зависимости:

$$\left(\frac{\omega_{к.с.}}{\omega_c} \right)_{\text{опт}} = 1,25 \cdot u_o + 1, \quad (14)$$

где u_o – коэффициент инжекции.

Вычислив минимальное значение P по (13) и подставляя его в (12), можем определить величину скорости воды и, пользуясь выражением (10), вычислить необходимую глубину воды в нижнем баке:

$$H_{н.б.} = v^2 / 17,71, \quad (15)$$

где $H_{н.б.}$ – глубина воды в нижнем баке; v – скорость воды на выходе из рабочего сопла.

Основные размеры и некоторые другие параметры струйного аппарата, а также эрлифтной установки могут быть определены по методикам, приведенным в работах [4–7].

Пример. Рассчитать параметры водовоздушного струйного аппарата и эрлифтной установки, предназначенных для подачи воды из нижнего бака в верхний бак ГАЭС (рис. 1).

Исходные данные: напор ГАЭС $H_1 \approx H_3 = 4,0$ м, коэффициент полезного действия гидротурбины $\eta_m = 80\%$, мощность ГАЭС $N = 10$ кВт.

1. Определяем расход воды, подаваемой в нижний бьеф и, следовательно, перекачиваемой в верхний бак:

$$Q = N/9,81 \cdot H_3 \cdot \eta_{\text{т}} = 10/9,81 \cdot 4,0 \cdot 0,8 = 0,32 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. По табл. 1 принимаем отношение $H_4/H_3 = 0,75$ и по нему определяем H_4 :

$$H_4 = 0,75 \cdot H_3 = 0,75 \cdot 4,0 = 3,0 \text{ м}.$$

3. Определяем по формуле (4) удельный расход воздуха на 1 м³ поднимаемой эрлифтной установкой воды:

$$q_0 = \frac{H_3}{23 \cdot h_{\text{сп}} \cdot \lg[(H_4 + 10)/10]} = \frac{4,0}{23 \cdot 0,5 \cdot \lg[(3,0 + 10)/10]} = 3,05$$

где $\eta_{\text{сп}} = 0,5$ принимаем по табл. 1.

4. Вычисляем по формуле (3) расход воздуха, необходимого для подачи в водоподъемную трубу:

$$Q_{\text{воз}} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot q_0 \cdot Q = 0,96 \cdot 0,94 \cdot 3,05 \cdot 0,32 = 0,88 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Таким образом, для обеспечения успешной работы эрлифта (для подачи в верхний бак воды с расходом 0,32 м³/с) необходимо подавать в водоподъемную трубу как минимум 0,88 м³/с воздуха, который должен обеспечивать струйный аппарат.

5. Для обеспечения вышеприведенного значения воздуха струйный аппарат должен иметь следующий объемный коэффициент инжекции, определяемый по формуле (6):

$$u_0 = Q_{\text{воз}}/Q = 0,88/0,32 = 2,75.$$

6. По формуле (7) определяем величину давления водовоздушной пульсии за диффузором:

$$P_{\text{эм}} = P_{\text{ак}} + \Delta P - \rho_{\text{эм}} \cdot g \cdot h = 10364 - 270,9 \cdot 9,81 \cdot 2,0 = 5049 \text{ Па},$$

где $P_{\text{ак}} = K_3 \cdot \rho_{\text{эм}} \cdot g \cdot H_4 = 1,3 \cdot 270,9 \cdot 9,81 \cdot 3,0 = 10364 \text{ Па}$;

$$\rho_{\text{эм}} = \rho \cdot (1 - q) + \rho_{\text{воз}} \cdot q = 1000 \cdot (1 - 0,73) + 1,2 \cdot 0,73 = 270,9 \text{ кг/м}^3;$$

$q = Q_{\text{воз}}/(Q + Q_{\text{воз}}) = 0,88/(0,32 + 0,88) = 0,73$, $h = 2,0 \text{ м}$ – высота столба воды в трубопроводе струйного аппарата;

ΔP – потери напора воды в трубопроводе струйного аппарата из-за малости значения не учитываем.

7. Минимальное давление воды перед струйным аппаратом P определяем согласно формуле (8):

$$P = \frac{P_{\text{эм}}}{2} \left(\frac{\omega_{\text{к.с}}}{\omega_{\text{с}}} \right)_{\text{онт}} = \frac{5049}{2} \cdot 4,44 = 11209 \text{ Па},$$

$$\text{где } \left(\frac{\omega_{\text{к.с}}}{\omega_{\text{с}}} \right)_{\text{онт}} = 1,25 \cdot u_0 + 1 = 1,25 \cdot 2,75 + 1 = 4,44.$$

8. Пользуясь формулой (12), можем определить скорость воды, вытекающей из сопла:

$$v = \sqrt{2 \cdot P/\rho} = \sqrt{2 \cdot 11209/1000} = 4,73 \text{ м/с}.$$

9. Глубину воды в нижнем баке определяем по формуле (15):

$$H_{\text{н.б.}} = v^2/17,71 = 4,73^2/17,71 = 1,26 \text{ м}.$$

10. По формуле (5) определяем количество воды, подаваемой эрлифтной установкой в верхний бак:

$$Q = \eta_{\text{сп}} \cdot \frac{10}{H_3} \cdot Q_{\text{воз}} \cdot \ln(0,1 \cdot H_4 + 1) =$$

$$= 0,5 \cdot 10/4 \cdot 0,88 \cdot \ln(0,1 \cdot 3,0 + 1) = 0,29 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Из результатов расчета видно, что полученный расход воды немного меньше, чем требуемый расход для ГАЭС ($Q = 0,32 \text{ м}^3/\text{с}$). Чтобы устранить это несоответствие, необходимо увеличить величину H_4 , например, до 3,3 м, что приведет к увеличению расхода воды до $Q = 0,32 \text{ м}^3/\text{с}$.

Вывод. Результаты расчетов струйного аппарата и эрлифтной установки, предназначенных для работы в составе ГАЭС, показали пригодность предлагаемой авторами методики, которую можно использовать при проектировании гидроэнергетических установок, работающих с водоподъемными устройствами, использующими энергию взаимодействия воды и сжатого воздуха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев Ю.С., Кубышкин Л.И. О технологии проектирования объектов гидроэнергетики // Гидротехническое строительство. 2014. № 7. С. 2–8.
2. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб.: Наука, 2013. 308 с. Изд. 2-е, доп.
3. Бальзанников М.И., Евдокимов С.В., Галицкова Ю.М. Развитие возобновляемой энергетики – важный вклад в обеспечение защиты окружающей среды // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 3. С. 16–19.
4. Бальзанников М.И. Энергетические установки на основе возобновляемых источников энергии и особенности их воздействия на окружающую среду // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. 2013. Вып. 31(50). Ч. 1. С. 336–342.
5. Бальзанников М.И. Влияние условий эксплуатации гидроэлектростанций на выбор основных параметров отсасывающих труб // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. № 4. С. 86–92. DOI 10.17673/Vestnik.2015.04.11.

6. Васильев Ю.С., Претро Г.А. Гидроаккумулирующие электростанции: учебное пособие. Л.: ЛПИ, 1984. 76 с.

7. Bal'zannikov M.I., Seliverstov V.A. Characteristics of Substantiation of Water-Intake Parameters at WSPP as Component Parts of the Power Complex // Power Technology and Engineering 2015. Vol. 49.No 1. Pp. 22–26.

8. Бальзанников М.И., Пиявский С.А. Гидравлическое аккумулирование электроэнергии с использованием малых ГАЭС // Научное обозрение. 2014. № 6. С. 90–96.

9. Бальзанников М.И., Евдокимов С.В., Шехова Н.В. Эколого-экономическое обоснование эффективности гидроаккумулирующих и ветровых электростанций [Ecological and economic evaluation of the effectiveness of pumped storage power plants and wind-power plants] // Экономика и управление собственностью. 2015. № 1. С. 68–72.

10. Патент РУз № FAR 01018. Гидроаккумулирующая электрическая станция / Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У. и др. // Официальный бюллетень. 2015. № 7(171).

11. Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У., Джураев К.С., Махмудов Ж.М. Гидроаккумулирующая электростанция. Заявка на патент АИС РУз N: IAP20150402, 16.10.2015.

12. Васильев Б.А., Грецов Н.А. Гидравлические машины. М.: Агропромиздат, 1988. 72 с., ил.

13. Турк В.И., Минаев А.В., Карелин В.Я. Насосы и насосные станции. М.: Стройиздат, 1977. 296 с.

14. Соколов Е.А., Зингер Н.М. Струйные аппараты. 3-е изд., перераб. М.: Энергоатомиздат, 1989. 352 с.

Об авторах:

МУХАММАДИЕВ Мурадулла Мухаммадиевич

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой гидравлики и гидроэнергетики Ташкентский государственный технический университет 100095, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская, 2
E-mail: Muhammadiev_m@rambler.ru

УРИШЕВ Боборахим Уришевич

кандидат технических наук, доцент кафедры гидроинженерии Каршинский инженерно-экономический институт 180100, Республика Узбекистан, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225
E-mail: Urishev55@mail.ru

ДЖУРАЕВ Курбон Салихджанович

старший преподаватель кафедры гидравлики и гидроэнергетики Ташкентский государственный технический университет 100095, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская, 2
E-mail: djuraev_q@mail.ru

МАХМУДОВ Жамол Махмуд угли

институт по изучению региональных проблем Самаркандского отделения АН Республики Узбекистан 703000, Республика Узбекистан, г. Самарканд, ул. Тимура Малика, 3
E-mail: samacdem@online.ru

MUKHAMMADIEV Muradulla

Doctor of Engineering Science, Professor, Head of the Hydraulics and Hydroenergetics Chair Tashkent State Technical University 100095, Uzbekistan, Tashkent, Universitetskaya str., 2
E-mail: Muhammadiev_m@rambler.ru

URISHEV Boborakhim

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Hydro Engineering Chair Karshi Institute of Engineering Economics 180100, Uzbekistan, Karshi, Mustakillik str., 225
E-mail: Urishev55@mail.ru

DZHURAEV Kurbon

Senior Lecturer of the Hydraulics and Hydroenergetics Chair Tashkent State Technical University 100095, Uzbekistan, Tashkent, Universitetskaya str., 2
E-mail: djuraev_q@mail.ru

MAHMUDOV Jamol

Institute for the study of regional problems Samarkandskiy branch of Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan 703000, Republic of Uzbekistan, Samarkand, Timur Malik str., 3
E-mail: samacdem@online.ru

Для цитирования: Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У., Джураев К.С., Махмудов Ж.М. Гидроаккумулирующие электрические станции малой мощности // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. №1(22). С. 21-26. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.4.

For citation: Mukhammadiev M.M., Urishev B.U., Djuraev K.S., Mahmudov J.M. Water-storage power station plants of low power // Vestnik SGASU. Town Planning and Architecture. 2016. № 1(22). 21-26. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.4.