



К вопросу об использовании волновой энерго- установки

Актуальность

Поиск новых источников энергии представляет собой актуальную проблему, и всё большее развитие получают альтернативные возобновляемые источники энергии. Среди альтернативных источников энергии значительную роль играет энергия ветрового волнения Мирового океана. По предварительным расчётам, запасы энергии океанских волн огромны и являются неиссякаемым источником энергии [1]. При правильном подходе и создании надёжного, эффективного энергетического устройства использование энергии волн может обеспечить все энергетические нужды человечества. Поэтому освоение и использование этой энергии является важной проблемой.

Технические характеристики

Волновая электростанция [2] (рис. 1) содержит бетонные или камнenaбросные продольные дамбы 1, которые направляют потоки воды к турбоагрегатам. На них устанавливаются две вертикальные направляющие стойки 2, между которыми уложена поперечная балка 3 с турбоагрегатами (ТА) 4 и 5. Поперечная балка 3 с ТА 4 и 5 может перемещаться по вертикальным стойкам 2, меняя глубину погружения турбин в зависимости от высоты волн и приливов. Как показано на рис. 1, между дамбами расположены отражающие экраны 6 для сосредоточенного направления потока воды к турбинам.

Устройство имеет клапаны-затворы 7 и 8, расположенные на разных концах дамб, которые закрываются и открываются за счёт энергии волн, что обеспечивает разделение водных течений на берег и от берега. Данное устройство может использоваться и в качестве приливной электростанции при включении бассейна 9 (рис. 1) на берегу моря или океана для накопления воды при приливе.

Волновая электростанция также будет поглощать часть энергии волн, уменьшая их разрушительное воздействие на сушу, то есть дополнительно может играть роль берегозащитного сооружения.

Предлагаемая волновая энергоустановка отличается новизной и имеет преимущества по сравнению с известными:

- располагается на берегу, ближе к основным потребителям;
- имеет возможность вертикального перемещения поперечной балки, тем самым расширяя рабочий диапазон энергоустановки (по высоте волн) посредством изменения глубины погружения ТА;
- работает при движении волны в разных направлениях;
- имеет отражатели, которые, концентрируя и направляя волны на турбоагрегаты, повышают эффективность преобразования энергии волн;
- энергоустановка может быть использована в том числе для преобразования энергии приливов, а также в качестве берегозащитного сооружения.

Рецензия эксперта на статью получена 02.12.2019 [Expert review on the article received on December 2, 2019].

УДК 621.31. Научная специальность: 05.14.08.

К вопросу об использовании волновой энергоустановки

Б. Д. Бабаев, д.т.н., доцент, кафедра «Возобновляемые источники энергии», Дагестанский государственный университет (ДГУ, г. Махачкала)

В статье рассматриваются новые возможности и подходы к использованию ресурсов энергии морей и океанов. Приведено описание новой энергетической установки, которая может быть использована как для преобразования энергии волн и приливов, так и в качестве берегозащитного сооружения. Дана экономическая оценка строительства и использования новой волноэнергетической установки, позволяющей интенсифицировать процессы преобразования волновой энергии.

Ключевые слова: волновая энергия, энергия приливов, ВИЭ, строительство волновой электростанции, плановые показатели.

UDC 621.31. The number of scientific specialty: 05.14.08.

On the question about using wave power

B. D. Babaev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, the "Renewable energy sources" Department, Dagestan State University (DSU, Makhachkala city)

The article discusses new opportunities and approaches to the use of energy resources of the seas and oceans. The description of the new power plant, which can be used for converting the energy of waves and tides, as well as a coastal protection structure, is given. The economic assessment of construction and use of the new wave power installation allowing to intensify processes of transformation of wave energy is given.

Keywords: wave energy, tidal energy, renewable energy, construction of wave power plants, planned indicators.

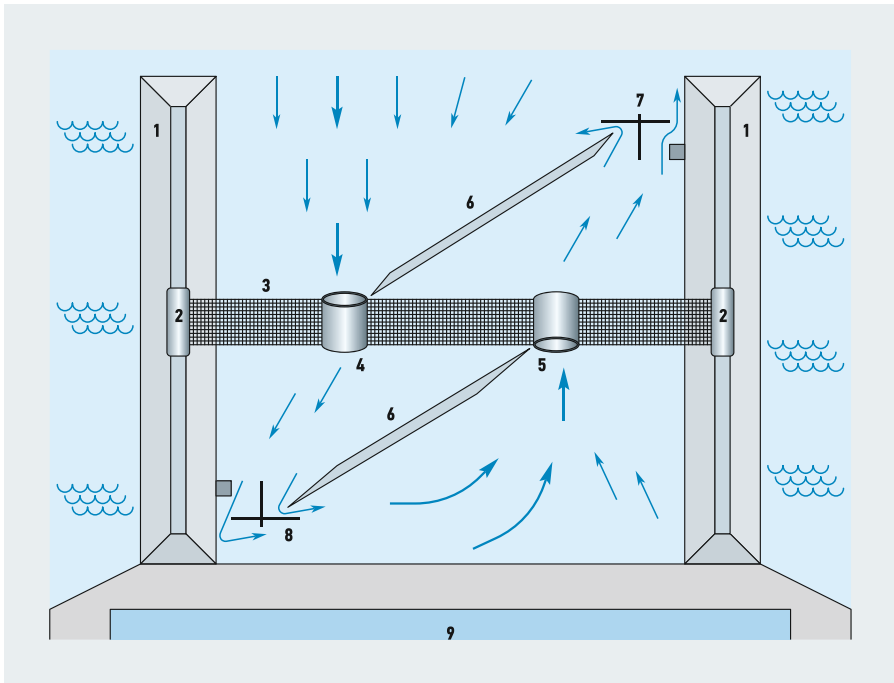


Рис. 1. Волновая электростанция, вид сверху [1 — продольная дамба (2 шт.); 2 — направляющая стойка (2 шт.); 3 — поперечная балка с турбоагрегатами; 4 и 5 — турбоагрегаты; 6 — отражающий экран (2 шт.); 7 и 8 — клапаны-затворы; 9 — бассейн для накопления воды при приливе)

В работах [3, 4] рассчитаны характеристики ветрового волнения за каждые три часа за период 1979–2017 годов в трёх точках — в Северном, Среднем и Южном Каспии. Полученный массив данных используется для расчёта режимных и экстремальных характеристик ветрового волнения. Для каждой из точек рассчитаны среднемесячная и максимальная высота волн, а также среднемесячный перенос волновой энергии (киловатт на 1 м фронта волны). Для точки в Среднем Каспии среднемесячная высота волн осенью и зимой составляет 1,6–1,8 м, а летом снижается до 0,5–0,7 м. Перенос волновой энергии в Среднем Каспии летом составляет около 2 кВт/м, зимой — 8–12 кВт/м. Максимальный среднемесячный перенос волновой энергии иногда превышал 20 кВт/м [3]. Полученные в [3, 4] результаты дополняют имевшиеся ранее оценки режимных и экстремальных характеристик волнения в Каспийском море.

Потенциальные ресурсы волновой энергии за год в береговой полосе Среднего Каспия составляют приблизительно 10570 кВт·ч на 1 м длины волнового

фронта или примерно 800 кВт·ч на 1 м² поверхности моря. Для больших глубин эти значения составляют, соответственно, 48 800 и 1950 кВт·ч [5].

Исходя из минимального ресурса в летний период (2 кВт/м), для строительства на Среднем Каспии волновой электростанции предлагаемого типа мощностью 100 кВт (КПД = 0,8) необходимо, чтобы расстояние между дамбами (ширина фронта) составляло 62,5 м.



Плановые показатели

Для волновой электростанции мощностью 100 кВт на Среднем Каспии, при годовом ресурсе волновой энергии на 1 м длины волнового фронта 1057 кВт·ч, согласно [5] принимаем расстояние между дамбами 76,2 м и длину дамб — 60 м. По предварительным расчётам, строительство такой волновой электростанции за счёт местных материалов и закупка оборудования обойдутся в 9,5 млн руб. Годовая выработка энергии (КПД = 0,8) составит 644 МВт·ч/год. При стоимости электроэнергии 3,75 руб/кВт·ч годовой доход будет равен 2,415 млн руб.

В работах [3, 4] рассчитаны характеристики ветрового волнения в Северном, Среднем и Южном Каспии. Для точки в Среднем Каспии среднемесячная высота волн осенью и зимой — 1,6–1,8 м, а летом до 0,5–0,7 м. Перенос волновой энергии летом составляет около 2 кВт/м, зимой — 8–12 кВт/м. Максимальный среднемесячный перенос волновой энергии иногда превышал 20 кВт/м

Плановые показатели строительства пробной волновой электростанции мощностью 100 кВт — срок окупаемости, чистая приведённая стоимость (ЧПС) и внутренняя норма доходности (ВНД) — при процентной ставке (стоимости капитала) 10 % приведены в табл. 1.

Таким образом, предварительные расчёты показывают, что при общей стоимости инвестиций на строительство волновой электростанции 9,5 млн руб. внутренняя норма доходности (Internal Rate of Return, IRR) составит 14 %, чистая приведённая стоимость (Net Present Value, NPV) равна 1,018 млн руб., внутренняя норма рентабельности (IRR) — 13,58 %, а срок окупаемости составит 5,3 года. ●

Срок окупаемости, ЧПС и ВНД при процентной ставке 10 %

табл. 1

Год	Денежные потоки, тыс. руб.	Текущая стоимость, тыс. руб.	Окончательный итог, тыс. руб.	Окупаемость
0	–9500	–9500	–9500	–
1	2415	2195,45	–7304,55	нет
2	2415	1995,87	–5308,68	нет
3	2415	1814,43	–3494,25	нет
4	2415	1649,48	–1844,77	нет
5	2415	1499,52	–345,25	–0,3
6	2415	1363,20	1017,95	5,3

* Примечание: внутренняя норма доходности (IRR) — 14 %, чистая приведённая стоимость (NPV) — 1,018 млн руб.

1. Вершинский Н.В. Энергия океана. — М.: Наука, 1986. 367 с.
2. Патент РФ №2536413 (RU). МПК F03B 13/12. Волновая электростанция / Б.Д. Бабаев, Э.Б. Бабаев. Заявл. 22.02.2013; опубл. 20.12.2014. Бюл. №35.
3. Мысленков С.А., Архипкин В.С., Павлова А.В., Добролюбов С.А. Волновой климат Каспийского моря по данным моделирования // Метеорология и гидрология, 2018. №10. С. 60–70.
4. Мысленков С.А. Распределение волновой энергии в Каспийском море. Возобновляемые источники энергии: Мат. Всерос. науч. конф. с межд. участием и XI науч. молодёжной школы. 3–6 декабря 2018 года. — М.: ООО «МАКС Пресс», 2018. С. 506–511.
5. Бабаев Б.Д., Волшаник В.В. Волноэнергетические ресурсы Каспийского моря // Гидротехническое строительство, 2012. №9. С. 51–53.

References — see page 93.

On the question about using wave power. Pp. 90–91.

Baba D. Babaev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, the "Renewable energy sources" Department, Dagestan State University (DSU, Makhachkala city)

1. N.V. Vershinskij. *Jenergija okeana* [The energy of the ocean]. Moscow. *Nauka* ["The science" Publishers], 1986. 367 p. [In Russian]
2. The patent of Russia No. 2536413 (RU). IPC F03B 13/12. *Volnovaja jelektrostantsija* [Wave power plant]. B.D. Babaev, Je.B. Babaev. Decl. on February 22, 2013. Publ. on December 20, 2014. Bull. No. 35. [In Russian]
3. S.A. Myslenkov, V.S. Arhipkin, A.V. Pavlova, S.A. Dobroljubov. *Volnovoj klimat Kaspijskogo morja po dannym modelirovaniya* [The wave climate of the Caspian Sea according to the modeling data]. *Meteorologija i gidrologija* ["Meteorology and hydrology" Magazine]. 2018. No. 10. Pp. 60–70. [In Russian]
4. S.A. Myslenkov. *Raspredelenie volnovoj jenergii v Kaspijskom more* [Distribution of wave energy in the Caspian Sea]. *Vozobnovljaemye istochniki jenergii: Mat. Vseros. nauch. konf. s mezhd. uchastiem i XI nauch. molodezhnoj shkoly* [Renewable energy sources: Papers of the All-Russian scientific conference with international participation and the XI scientific youth school]. December 3–6, 2018. Moscow. *MAKS Press* ["MAX Press", LLC]. 2018. Pp. 506–511. [In Russian]
5. B.D. Babaev, V.V. Volshanik. *Volnojenergeticheskie resursy Kaspijskogo morja* [Wave energy resources of the Caspian Sea]. *Gidrotehnicheskoe stroitel'stvo* ["Hydraulic engineering" Magazine]. 2012. No. 9. Pp. 51–53. [In Russian]