

УДК 001.895:627
ББК 65.304.14+31.55
JEL L94, Q25, Q42, Q47

Морские инновационные электростанции

Шумаев Виталий Андреевич,

доктор экономических наук, профессор,
академик РАЕН, НИИ Минобороны РФ, Москва, Россия

E-mail: vitshumaev@mail.ru

Аннотация: Использование водных ресурсов для получения электричества осуществляется давно, в частности для этого строили гидроэлектростанции на реках, где вода, вытекая из водохранилища, вращала турбину, а та – генератор, вырабатывающий электроэнергию. Научные изыскания в этом вопросе позволили выявить возможность получения электроэнергии при использовании морской воды, которая в природе находится в постоянном движении. В настоящее время появились проекты использования морских приливов и отливов для вращения турбин. Это можно достигнуть двумя способами: первый, непосредственно опустить турбину в морское течение, второй, с помощью приливов заполнить заранее подготовленную ёмкость, вытекающая вода из которой вращает турбину. Это капиталоемкие и мощные электростанции, строительство которых займёт много лет. Имеются также способы получения электричества с помощью поплавков, но они маломощные. Рассмотрен опыт строительства мощных приливных электростанций, использующих движение морской воды.

Ключевые слова: электроэнергия; турбина; генератор; приливная электростанция; поплавок электростанция.

Marine innovative power plants

Vitaly A. Shumaev, Doctor of Economics, Professor, Academician of the RAES,
Research Institute of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russia

E-mail: vitshumaev@mail.ru

Annotation: The use of water resources to generate electricity has been carried out for a long time, in particular, hydroelectric power stations were built on rivers for this, where water flowing out of the reservoir turned a turbine, and that – a generator that generates electricity. Scientific research in this matter has revealed the possibility of obtaining electricity using seawater, which in nature is in constant motion. Currently, there are projects for the use of sea tides for the rotation of turbines. This can be achieved in two ways: the first is to directly lower the turbine into the sea current, the second is to fill a pre-prepared container with the help of tides, the flowing water from which rotates the turbine. These are capital-intensive and powerful power plants, the construction of which will take many years. There are also ways to generate electricity using floats, but they are low-power. The experience of building powerful tidal power plants using the movement of seawater is considered.

Keywords: electric power, turbine, generator, Tidal power plant, float power plant.

Введение

На сегодняшний день по данным ООО «Системный оператор ЕЭС» в Российской Федерации функционирующие электростанции вырабатывают 1100 млн кВтч электроэнергии, из них 63% – тепловыми электростанциями, около 18% – гидроэлектростанциями, более 19% – атомными и менее 0,2% – альтернативными.

В настоящее время осуществляется интенсивная работа по замене горючих материалов на электричество для привода движения. И эта тенденция будет продолжаться и в будущем: ожидается всплеск спроса на электроэнергию во всех сферах и отраслях хозяйства. Поэтому актуальной проблемой является и будет в перспективе развитие электроэнергетики. Причём, это развитие будет на инновационной основе с учётом использования передовых способов получения электроэнергии без ущерба природе. Широкое развитие получили способы генерации электроэнергии на основе использования солнечной энергии, энергии ветра, водорода, биотоплива и др. возобновляемых материалов. Однако построенные с использованием этих способов электростанции имеют малые мощности. Доля выработки такой электроэнергии пока не высока, но ряд стран ориентируется на повышение этой доли в будущем и полном переходе к экологически чистым видам возобновляемой энергетики вместо получения её способом сжигания природных горючих материалов. Однако кроме топливной энергетики с давних пор известна и используется гидроэнергетика, основанная на использовании потока воды для вращения ротора генератора с помощью турбины. Такие электростанции построены по всему миру на реках, перегороженной плотиной. Они имеют большой потенциал в выработке электроэнергии, но имеют крупные недостатки. Так, плотина является помехой для судоходства, миграции рыб, а водохранилища занимают большие площади сельскохозяйственных и жилых земель. Строительство таких электростанций обходится очень дорого и занимает много времени.

Морские гидроэлектростанции за рубежом

Другим, более эффективным способом использования воды для получения электрической энергии, является морской, не влияющий негативно на жизнедеятельность человека. Морская вода постоянно находится в движении, и его можно и нужно использовать. В морях и океанах имеются течения (морские реки), а также приливы и отливы.

Одним из способов использования морских приливов и отливов является непосредственное привлечение их к вращению турбин, а далее процесс осуществляется известным традиционным способом. Однако такие турбины надо погрузить в места движения воды. Такие типы электростанций разработаны и применены в ряде стран, примыкающих к морю (океану), например, в Шотландии (рис. 1¹).

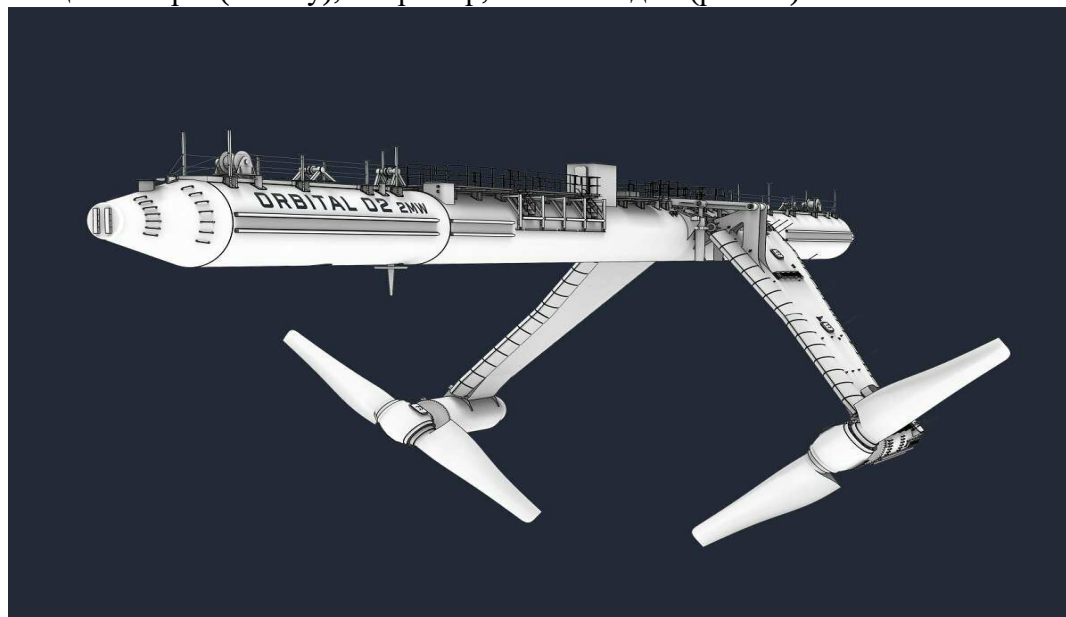


*Рис. 1. / Fig. 1. Самая мощная в мире приливная турбина Orbital O₂ /
The world's most powerful tidal turbine Orbital O₂*

¹ Источник: <https://pbs.twimg.com>

В настоящее время приливная электростанция Orbital O2 является самой мощной в мире, работающей на движении морской воды в результате приливов и отливов. Она расположена у побережья Оркнейских островов (Великобритания), имеет в длину 74 м и массу 680 т. Две турбины, размещённые на специальных опорах на глубине 35 м, во время прилива вращаются в одну сторону, а во время отлива – в другую, в результате постоянно вырабатывается экологически чистая электроэнергия, транспортируемая на берег по подводному кабелю.

В США также строят морские электростанции, основанные на непосредственном движении воды (рис. 2²).



Рис. 2. / Fig. 2. Проект использования морских течений в Северной Америке / North American Sea Current Project

Представляет интерес проект использования пролива Босфор для строительства там электростанции. Известно, что в указанном проливе имеется два встречных течения одно над другим, которые и хотят использовать турецкие власти и специалисты для получения электроэнергии. Предложено несколько вариантов строительства электростанции. Один из них традиционный – сооружение плотины. Однако этот вариант не принят, поскольку он способствует подъёму уровня Чёрного моря, что может нанести вред окружающим его странам, которые выразят Турции недовольство и возмещение материального ущерба. Другим, более практичным вариантом является расположение в проливе ряда или несколько рядов подводных турбин (например, рис. 3³).

Вариант достаточно простой и предпочтительный. Гидротурбины в количестве 120 единиц предполагается разместить рядами один над другим на расстоянии 625 м между группами. Общее количество турбин может достигнуть 14000, а мощность 40-56 тыс. МВт.

² Источник: <https://ec.europa.eu/>.

³ Источник: <http://microhydroturbine.com/>.



Рис. 3. / Fig. 3. Один из проектов геликоидного генератора /
One of the projects of the helicoid generator

Морские электростанции в России

Другими объектами для использования движения морской воды являются приливы и отливы. Не отстаёт и Россия: на ближайшие годы запланировано создать три мощных приливных электростанций (ПЭС) – это Пенжинская ПЭС в Охотском море, Мезенская ПЭС в Белом море и Тугурская ПЭС в Хабаровском крае на побережье Охотского моря.

Преимуществами приливной энергетики являются следующие. Прежде всего, это возобновляемый источник энергии, так как приливы и отливы были, есть и будут в природе происходить, а также экологически чистый. Приливные электростанции не связаны с созданием в водоемах каскадов и отдельных экосистем, как, например ГЭС на реках. Для рыбы и морских животных от ПЭС нет никакого вреда, не нарушается экосистема и биологическое разнообразие. В отличие от солнечной и ветровой энергетики приливы и отливы имеют постоянство циклов и не зависят от солнечных и ветровых дней.

Самой мощной является проект Пенжинской ПЭС, состоящий из двух створов общей мощностью 250 млрд кВт·ч выработки электричества в год. В этом месте самые высокие приливы в Тихом океане, их высота составляет минимально 9 м, но доходит и до 13 м. Годовая выработка Мезенской ПЭС составляет 38,9 млрд кВтч, что достаточно для обеспечения северо-западной России электроэнергией. Тугурская ПЭС находится в 600 км от Хабаровска и является перспективным проектом по обеспечению электроэнергией, поскольку к 2025 году у края ожидается появление повышенного спроса на неё. Общая стоимость создания ПЭС по трем проектам может составить более \$300 млрд.

Поплавковые электростанции

Наряду с указанными мощными электростанциями, которые являются капиталоемкими и долгосрочными в строительстве, целесообразно использовать другие проекты создания менее дорогих и маломощных электростанций, применение которых может быть полезным отдельным прибрежным предприятиям или населённым пунктам. Такими проектами могут быть поплавок-электростанции. Ещё в Советском Союзе были разработаны проекты таких электростанций, которые основывались на колебаниях воды.

Элементом такой электростанции выбран двухметровый поплавок, в котором вмонтирован механизм вертикального колебания стержня – ротора генератора. Устройство представляет собой капсулу-поплавок, плавающую на поверхности воды, где предусмотрен специальный колебательный механизм, который действует согласованно с морским волнением и эффективно преобразует энергию волн в электричество (рис. 4⁴).

Причём, и вертикальные колебания поплавка, и горизонтальные наклонные являются источником вертикального колебания ротора на пружине. Статор расположен вдоль стенок поплавка. Электроэнергия по кабелю направляется на берег. Его можно располагать как вблизи от берега, так и вдали от него, но необходимо привязывать к стационарному стержню. Можно также установить серию капсул, которые будут связаны между собой. При этом их общая мощность может достигать нескольких десятков мегаватт. Поплавковые электростанции можно использовать для обеспечения энергией морских нефтяных вышек, плавучих заводов, прибрежных и островных поселений. Стоимость электроэнергии при этом будет составлять не более 2 рублей за кВт/ч, а капитальные затраты на сооружение электростанций окупятся за два года при общем сроке службы в десятки лет.

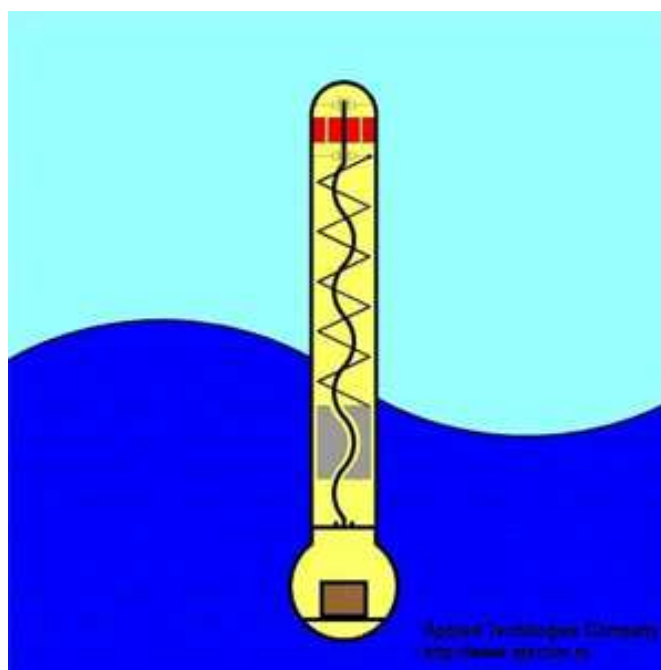


Рис. 4. / Fig. 4. **Схема поплавковой электростанции / Scheme of a float power plant**

Другим вариантом поплавковой электростанции может быть разработанная компанией "Маринекко", являющаяся резидентом Сколково, проект на основе новой технологии преобразования энергии морских волн в электроэнергию с помощью поплавковых волновых электростанций (ПВЭС). В настоящее время проводятся экспериментальные исследования моделей модуля ПВЭС на море (рис. 5⁵).

⁴ Шумаев В.А. Логистическое обеспечение развития Северных регионов *Современные проблемы использования потенциала морских акваторий и прибрежных зон*: материалы XI международной научной конференции; в 2-х ч. / под ред. А.В. Семенова, Н.Г. Малышева, Ю.С. Руденко. М.: изд. ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», 2015. С. 336-346.

⁵ Поплавковая электростанция. РИА «Новости». URL: yandex.ru (Дата обращения 01.03.2022 г.).



Рис. 5. / Fig. 5. Вариант поплавковой волновой электростанции /
Float wave power plant option

Заключение

Мировой опыт показывает целесообразность использования морских течений, приливов и отливов для получения электроэнергии. Для этого применяют турбины, то есть известный способ выработки электроэнергии за счёт механического вращения ротора генератора. Однако получение электроэнергии на основе использования движения морской воды требует оригинального проектирования и значительных капиталовложений, поэтому растягивается во времени. Указанный способ наиболее приемлем для непосредственного обеспечения электроэнергией ближайших объектов промышленности и населенных пунктов.

Литература

1. Шумаев В.А. Логистическое обеспечение развития Северных регионов. *Современные проблемы использования потенциала морских акваторий и прибрежных зон: материалы XI международной научной конференции; в 2-х ч. / под ред. А.В. Семенова, Н.Г. Малышева, Ю.С. Руденко. М.: изд. ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», 2015. С. 336-346.*
2. Fernández-Guillamón Ana, Das Kaushik, Cutululis Nicolaos A., Molina-Garcia, Ángel Offshore Wind Power Integration into Future Power Systems: Overview and Trends. *Journal of Marine Science and Engineering*. DOI: 2019:7(11);399. 10.3390/jmse7110399. Online ISSN 2077-1312
3. Luca Riboldi, Lars O. Nord Offshore Power Plants Integrating a Wind Farm: Design Optimisation and Techno-Economic Assessment Based on Surrogate Modelling. *Processes*. 2018;6(12):249. DOI: [10.3390/pr6120249](https://doi.org/10.3390/pr6120249). ISSN 2227-9717.

References

1. Shumaev V.A. Logistic support for the development of the Northern regions. *Modern problems of using the outer sea area and the interested zone*. Materials of the XI scientific international conference; ed. A.V. Semenova, N.G. Malysheva, Yu.S. Rudenko. M. ed. CHOUVO "MU them. S.Yu. Witte", 2015, pp. 336-346.
2. Fernández-Guillamón Ana, Das Kaushik, Cutululis Nicolaos A., Molina-Garcia, Ángel Offshore Wind Power Integration into Future Power Systems: Overview and Trends. *Journal of*

Marine Science and Engineering. DOI: 2019:7(11);399. 10.3390/jmse7110399. Online ISSN 2077-1312

3. Luca Riboldi, Lars O. Nord Offshore Power Plants Integrating a Wind Farm: Design Optimisation and Techno-Economic Assessment Based on Surrogate Modelling. *Processes*. 2018;6(12):249. DOI: [10.3390/pr6120249](https://doi.org/10.3390/pr6120249). ISSN 2227-9717.