ВСЕРОССИЙСКИЙ МОЛОДЕЖНЫЙ КОНКУРС ПО ПРОБЛЕМАМ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ, ЭКОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

«ЮНЭКО»

Направление: техническое творчество

Тема: Гибридная волновая электрическая станция с гидроаккумулирующим бассейном

Соискатель: Дзгоева Амелия Олеговна

Научный руководитель: Кочисова Анжела Сергеевна

Место выполнения работы: МБОУ СОШ №33, Республика Северная Осетия – Алания, г. Владикавказ

2026

АННОТАЦИЯ

Океаны нашей планеты представляют собой по сути огромный нескончаемый источник возобновляемой энергии. При глобальном потреблении, превышающим 180 тыс. тераватт-часов ежегодно, волны Мирового океана могут стать важным ресурсом для человечества. По оценкам специалистов, энергия волнового потенциала океана составляет не менее 8 миллионов тераватт-часов ежегодно.

Волновая энергетика при всей своей важности и необходимости имеет существенный недостаток: её эффективность зависит от высоты волн. При низкой волне или полном штиле выработка электрической энергии существенно снижается и прекращается.

Обычно, электрическая энергия, выработанная волновыми электростанциями поступает в общую энергетическую сеть, уменьшая тем самым необходимость изменения мощности в течение суток основных электростанций.

При отсутствии волн (т.е., выключении волновой станции) в часы максимального потребления энергии, её потребители энергии становятся дополнительным фактором перегрузки общих энергетических сетей.

Развитие волновой энергетики приводит к появлению различных конструкций волновых насосов, создающих повышенное давление в трубопроводах, подводящих морскую воду к генераторам, вырабатывающим электрическую энергию.

Отработанная вода по отводящим каналам сливается обратно в море.

Цель данной работы – создание технологии, позволяющей отработанную волновой электростанцией морскую воду сливать в специальный аккумулирующий бассейн с целью повторного её использования для получения дополнительной электрической энергии.

Вода, накопленную в аккумулирующем бассейне, используется при выключении волновой электростанции (или резком падении её выработки при малой волне), тем самым, уменьшается перегрузка общих электрических сетей.

Для этого на выходе воды из аккумулирующего бассейна устанавливаются гидрогенераторы, которые в часы пиковых нагрузок в общей энергосети, пропускают через себя вытекающую из бассейна воду и вырабатывают дополнительную электрическую энергию.

В результате исследований в настоящей работе предложена гибридная волновая электрическая станция с аккумулирующим бассейном на основе волновых насосов поплавкового типа, имеющая более равномерный график работы (выработки электроэнергии), и позволяющей частично улучшать режим работы общих электросетей в моменты пиковых нагрузок энергопотребления.

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация	2
Введение	4
Основная часть	5
Энергия волны или приливов	5
Гравитационные жидкостные накопители	5
Выбор типа волновой электрической станции	6
Выбор вида насосов для волновой поплавковой электрической станции	12
Макет волновой поплавковой электрической станции	12
Выбор месторасположения для гидроаккумулирующего бассейна	13
Описание технологии работы гибридной волновой электрической станции с гидроаккумулирующим бассейном	13
Заключение	19
Литература	20

ВВЕДЕНИЕ

Океаны представляют собой недооценённый источник возобновляемой энергии. С глобальным потреблением, превышающим 180 тыс. тераватт-часов ежегодно, волны могут стать важным ресурсом. По оценкам, их потенциал составляет 8 млн тераватт-часов ежегодно [1].

Актуальность работы заключается в том, что активное использовании энергии морских волн может сыграть важную роль в мировых усилиях по борьбе с изменением климата, уменьшая выбросы CO_2 до 2 млрд. тонн в год за счёт вытеснения органического топлива из мировой структуры энергопотребления [2].

Волновая энергетика обладает существенным недостатком: её эффективность зависит от высоты волн. При полном штиле невозможна выработка электрической энергии.

Как правило, выработанная волновыми электростанциями энергия поступает в общую энергосеть. При отсутствии волн (выключении волновой станции) в часы максимального потребления энергии её потребители становятся дополнительным фактором перегрузки электрических сетей.

С развитием волновой энергетики появляются и различные конструкции волновых насосов для создания повышенного давления в трубопроводах, подводящих морскую воду к генераторам, вырабатывающим электроэнергию.

Отработанную воду обычно по каналам сливают обратно в море.

Цель данной работы – создать технологию, позволяющую повторное использование отработанной морской воды для выработки дополнительной электрической энергии, которая в часы пиковых нагрузок поступает в общую энергетическую сеть, уменьшая тем самым необходимость изменения в течение суток мощности основных электростанций. Для этого предполагается сливать в аккумулирующий бассейн отработанную морскую воду и, в часы пиковых нагрузок в энергосетях, использовать её для выработки дополнительной электроэнергии гидрогенераторами, расположенными ниже гидроаккумулирующего бассейна.

Задачами проекта являлись:

- выбор типа волновой электрической станции, конструкция которой, позволяет использовать гидравлический принцип;
- выбор типа насосов для волновой электростанции, имеющих простоту конструкции и возможность генерировать большие давления;
- выбор месторасположения для гидроаккумулирующего бассейна;
- создание гибрида волновой электростанции и гидроаккумулирующего бассейна с гидрогенераторами, позволяющего накапливать гидроэнергию с минимальной затратой уже выработанной электроэнергии;
- разработка технологии взаимодействия волновой электростанции и гидроаккумулирующего бассейна с гидрогенераторами.

В результате исследований был предложен гибрид волновой электрической станции и гидроаккумулирующего бассейна с гидрогенераторами, который решает данную задачу.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

ЭНЕРГИЯ ВОЛНЫ ИЛИ ПРИЛИВОВ

Энергия волн — возобновляемый источник энергии.

Мощность волнения оценивают в кВт на погонный метр, т. е. в кВт/м. По сравнению с ветровой и солнечной энергией энергия волн обладает гораздо большей удельной мощностью. Так, средняя мощность волнения морей и океанов, как правило, превышает 15 кВт/м. При высоте волн в 2 м мощность достигает 80 кВт/м.

В механическую и электрическую энергию можно использовать только часть мощности волнения, но для воды коэффициент преобразования выше, чем для воздуха — до 85% [3].

Несмотря на схожую природу, энергию волн принято отличать от энергии приливов и океанских течений.

Энергия морских волн значительно выше энергии приливов. Приливное рассеяние (трение, вызванное Луной) составляет порядка 2,5 ТВт.

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ЖИДКОСТНЫЕ НАКОПИТЕЛИ

В настоящее время волновая энергия является предсказуемой на срок от одного до двух дней вперёд, благодаря спутнику, который может определять измерение волн в океане [4]. При увеличении мощностей волновых электростанций неизбежен вопрос: чем заменить энергетические мощности волновых станций при неблагоприятных метеоусловиях (при полнейшем штиле) в часы максимального потребления электроэнергии.

Энергетики решили этот вопрос созданием гравитационных жидкостных накопителей.

Данный тип накопителя конструктивно состоит из двух бассейнов с водой или одного бассейна с колодцем, расположенными друг над другом и соединёнными между собой трубами для прокачки воды со встроенными внутри электронасосом и генератором (рис. 1). Обычно строится рядом с другими электростанциями, как вспомогательный и называется «гидроаккумулирующая электростанция» (ГАЭС).

Гидроаккумулирующая электростанция предназначена для преобразования электрической энергии, получаемой от других электростанций, в водную (потенциальную) энергию и обратно в электрическую. Строительство гидроаккумулирующей электростанции связано с необходимостью решать энергетические задачи покрытия суточных пиков графика нагрузки [5, 6].

Гидроаккумулирующие электростанции работают в двух режимах — насосном и турбинном (рис. 2).

В первом случае такая электростанция, потребляя избыточную энергию от других электростанций в часы наименьших нагрузок в системе (обычно 7 – 12 часов в сутки), перекачивает воду из нижнего питающего водохранилища в верхний аккумулирующий бассейн, т.е., происходит зарядка электростанции потенциальной энергией воды.

Во втором случае гидроаккумулирующая электростанция работает в часы максимального потребления энергии в системе (2 – 6 часов в сутки). Расходуя воду из верхнего аккумулирующего бассейна, она вырабатывает электроэнергию.

ВЫБОР ТИПА ВОЛНОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

В качестве волновой станции мы выбрали разработанную компаний Aquamarine Power при содействии специалистов из Королевского университета в Белфасте (Queen's University Belfast) под названием Oyster («Устрица») (рис.3).

В отличие от всех существующих волновых электростанций, только «Устрица» пользуется гидравлическим принципом для перекачки воды. Такая возможность появилась благодаря подводному генератору колебаний (рис.4), приводящемся в работу движением волн (рис. 5) [7].

Особенностями данной станции стали установка гигантского качающегося поплавка-насоса (рис. 6) недалеко от берега, на глубине порядка 10 – 16 метров, а также вынос всей электрической части системы на берег.

С двусторонним поршневым насосом на дне моря турбины береговой электрической станции связывают гидравлические магистрали. По ним морская вода поступает на берег и вращает ротор электрогенератора. Установка может генерировать 300 – 600 кВт электроэнергии (рис.4) [8, 9].

Благодаря расположению на небольшой глубине, где движение воды всегда менее интенсивно, работа волновой электрической станции будет более равномерной, а получение электроэнергии – более постоянным.

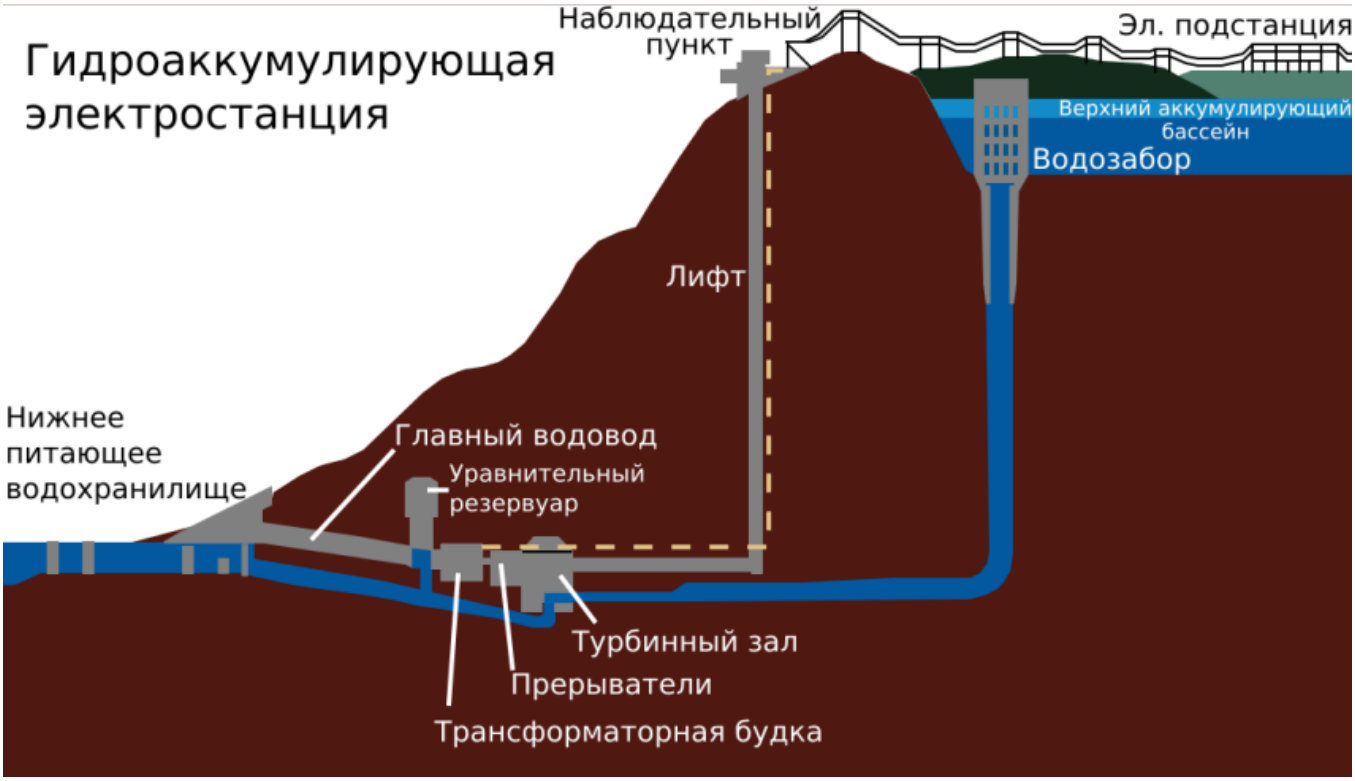


Рис. 1. Устройство гравитационного жидкостного накопителя.

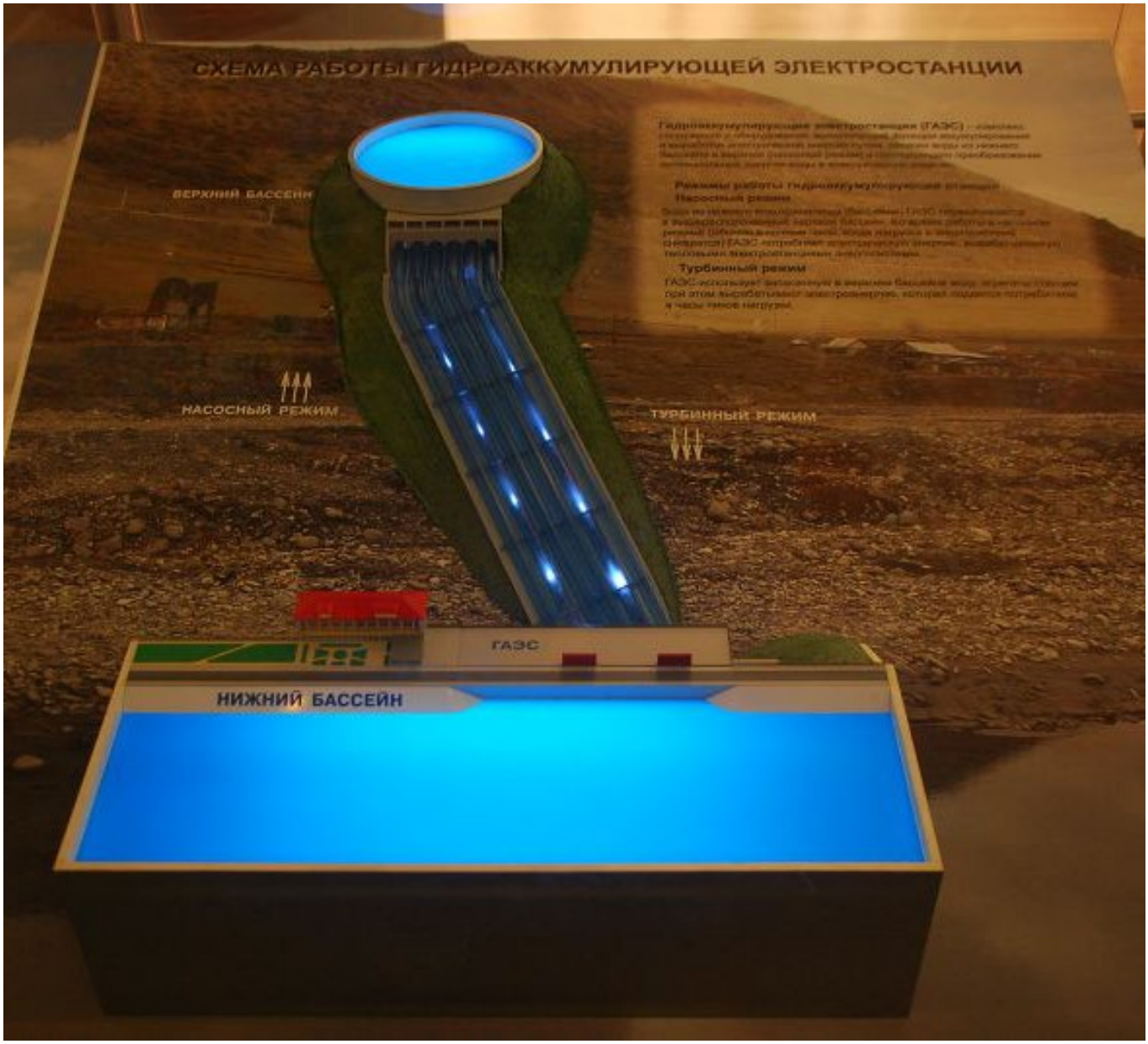


Рис.2. Схема работы гидроаккумулирующей электростанции.



Рис. 3. Волновая станция разработанная эдинбургской компанией «Aquamarine Power».

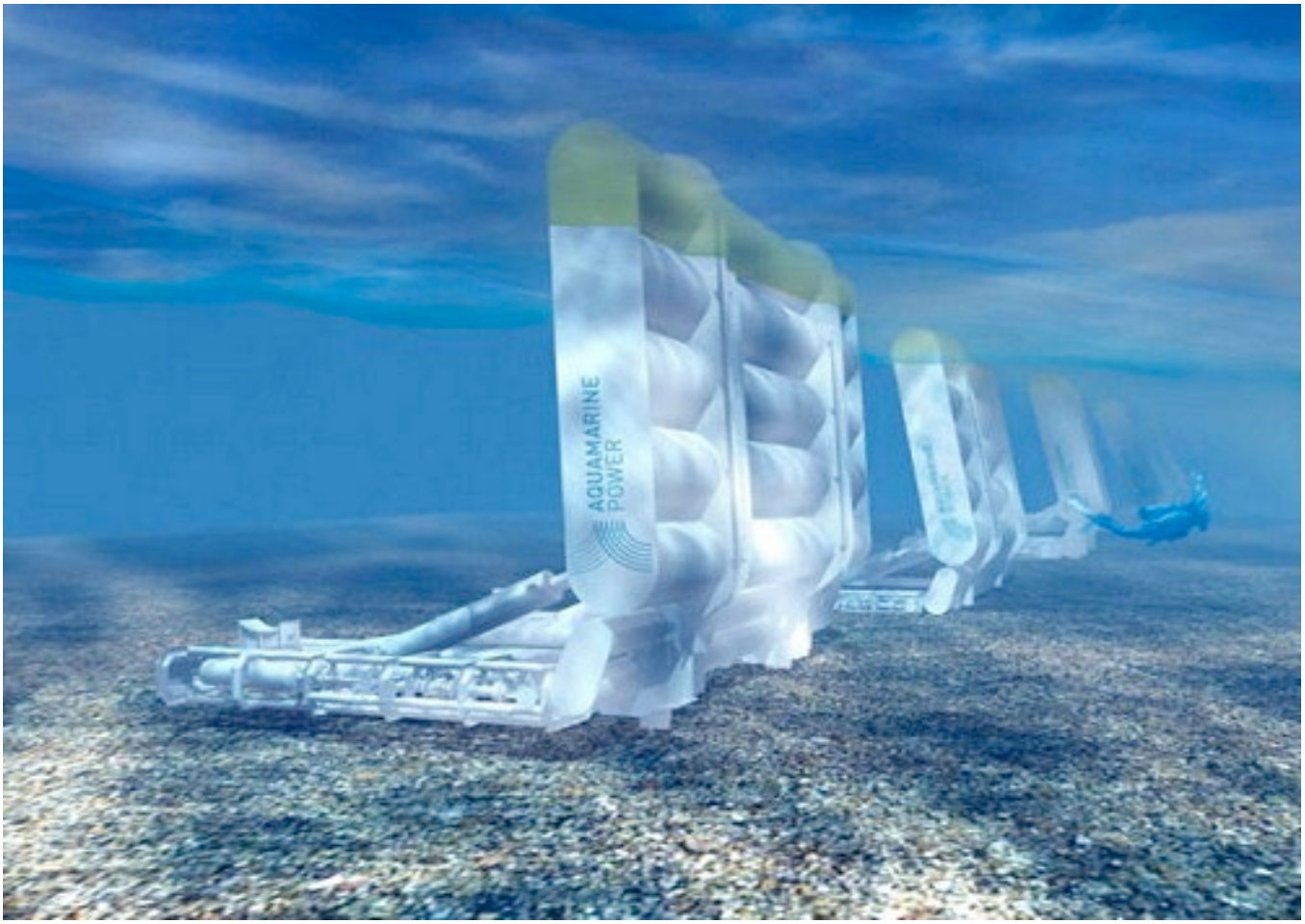


Рис. 4. Подводный генератор колебаний.

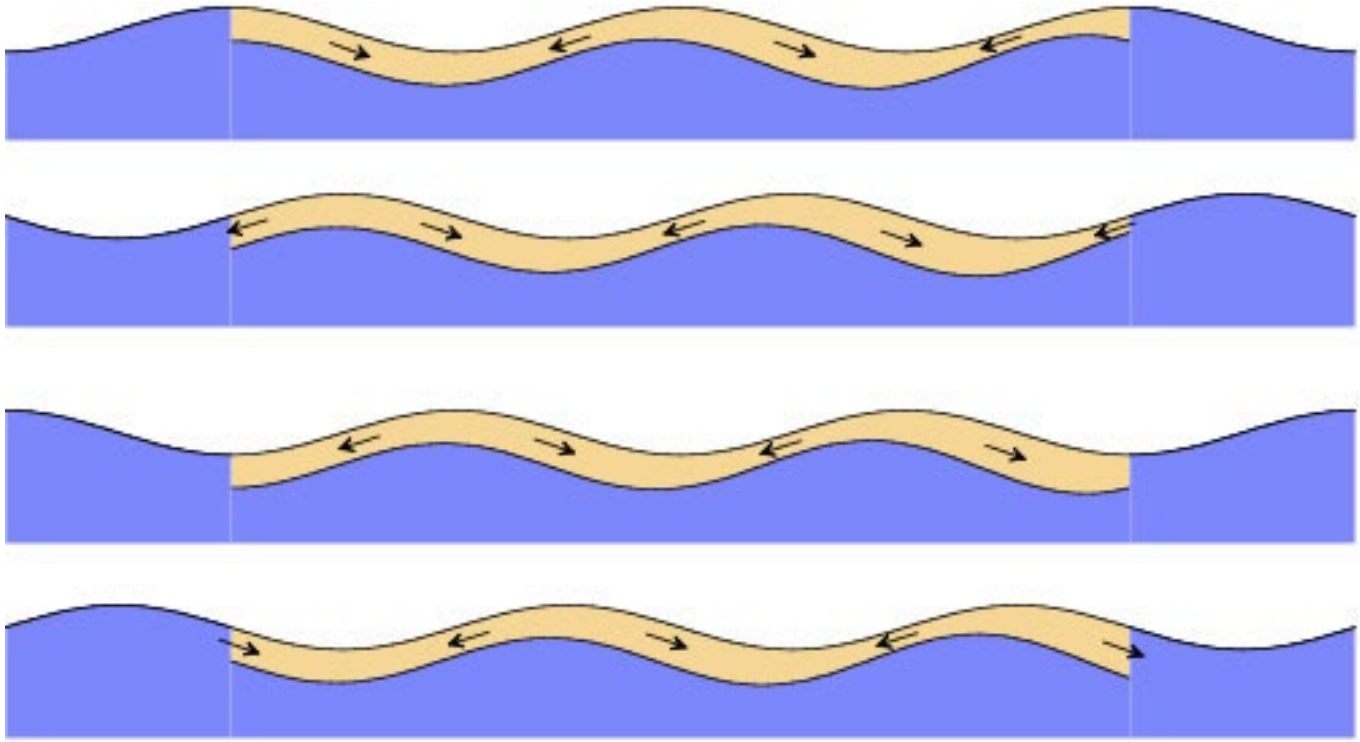


Рис. 5. Схема движения поплавка на волнах.



Рис.6. Качающий поплавок-насос.

ВЫБОР ВИДА НАСОСОВ ДЛЯ ВОЛНОВОЙ ПОПЛАВКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Виды насосов представлены на (рис. 7). Из представленных видов насосов выбираем поршневой насос.

Преимущество поршневых насосов заключено в простоте их конструкции и возможности создавать большие давления. Это достигается установкой воздушного цилиндра большего диаметра или насосной секции меньшего диаметра, что позволяет менять соотношение их сечений и, как следствие, давление в насосной секции.

Другое немаловажное преимущество поршневых насосов – благодаря своей конструкции они автоматически останавливаются при достижении рабочего давления, то есть, не нужны спускные клапаны и улучшается безопасность работы.

Принцип работы поршневого насоса представлен на рисунке 8.

Гидравлический насос данного типа имеет две рабочие камеры, расположенные по обе стороны поршня: штоковую – со стороны штока и бесштоковую – с противоположной стороны. Поэтому за один оборот кривошипа (двойной ход поршня) гидронасос совершает два всасывающих и два нагнетательных хода.

Теоретическая производительность насоса двойного действия будет:

$$Q_{\text{т}} = \frac{F\ l\ n}{60} + \frac{(F - f) l\ n}{60} \quad (\text{м}^3/\text{с})$$

где F - площадь поршня, м²;
f - площадь штока, м².
l - ход поршня, м;
n - число оборотов двигателя, об/мин.

МАКЕТ ВОЛНОВОЙ ПОПЛАВКОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Волновая электростанция (рис.9) состоит из трёх частей: поплавка, основания и системы насосов.

Поплавок и основание соединены шарнирно. К поплавку на раме присоединены три поршневых насоса двухстороннего действия (рис. 10). Под действием энергии волн поплавок раскачивается вперёд – назад, при этом приводя в движение штоки насосов. При движении штока морская вода под высоким давлением по трубам высокого давления подаётся на берег (рис.11), где находится электрогенератор. Сам поплавок состоит из пяти полых цилиндров диаметром 2 метра и длиной 25 метров.

ВЫБОР МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩЕГО БАССЕЙНА

За основу верхнего гидроаккумулирующего бассейна можно взять восьмиугольный японский водоём, который имеет поперечник 252 метра, глубину 25 метров и вмещает 564 тысячи кубометров воды (точнее, это объём, который можно использовать). Высота его водной глади (считая от уровня моря) в ходе работы системы колеблется между 132 и 152 метрами (рис. 12) [6].

ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ГИБРИДНОЙ ВОЛНОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ С ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИМ БАССЕЙНОМ

Гигантский качающийся поплавок-насос устанавливается недалеко от берега, на глубине порядка 10 – 16 метров (рис. 4). При такой небольшой глубине движение воды всегда менее интенсивно, а значит, работа системы будет более равномерной.

Основание поплавка закреплено на фундаментных плитах, расположенных на дне (рис.4).

Поплавок, закреплённый на дне на мощных рычагах, раскачивается под действием пробегающих над ними волн и приводит в движение двухсторонний поршневой насос, который гонит морскую воду на берег по трубе высокого давления.

На берегу на высоте 50 – 70 метров находится электрогенератор, который вырабатывает электроэнергию и гидроаккумулирующий бассейн. Электрогенератор возвышается над гидроаккумулирующим бассейном (рис.11) на высоте 3 – 4 метров. Отработанная морская вода вытекает самотёком из электрогенератора в гидроаккумулирующий бассейн и накапливается в нём (рис. 12).

В случае остановки волновой электростанции открывают шлюзы гидроаккумулирующего бассейна. Накопленная вода по трубопроводу поступает в нижний электрогенератор (рис.13).

При возобновлении работы волновой станции шлюзы закрываются и вода снова накапливается в гидроаккумулирующем бассейне.

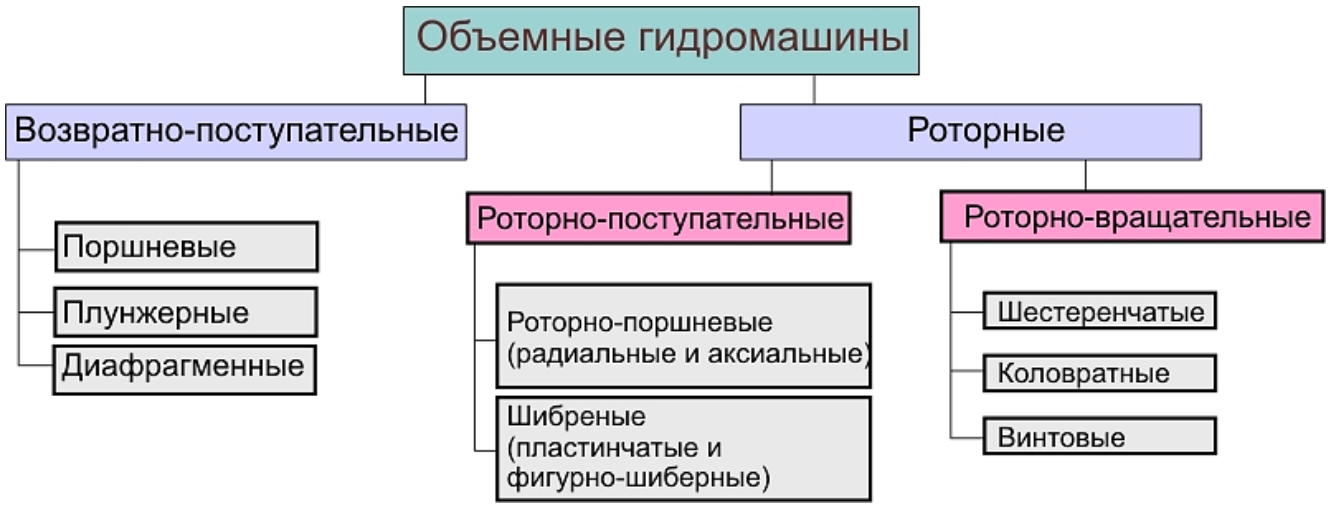


Рис. 7. Виды насосов.

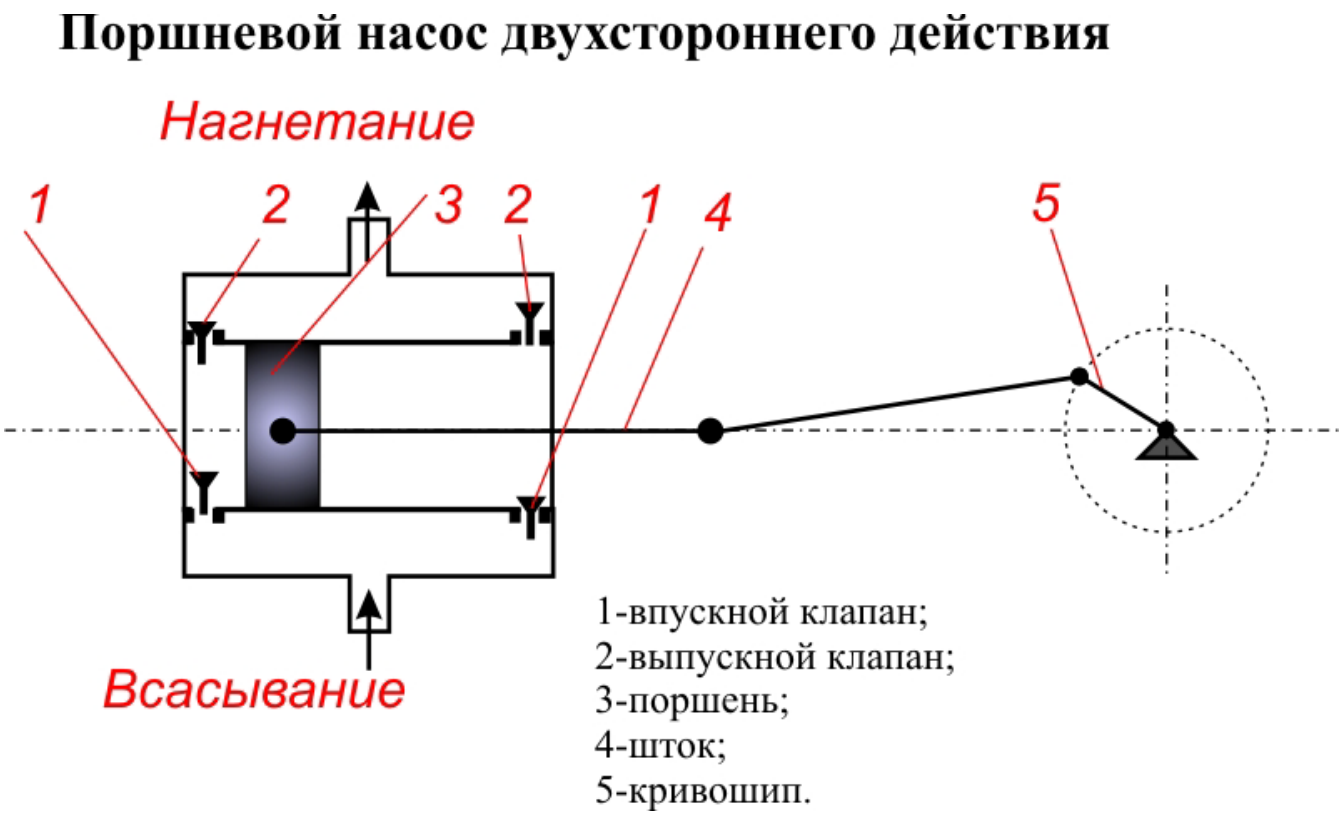


Рис. 8. Принцип работы поршневого насоса.

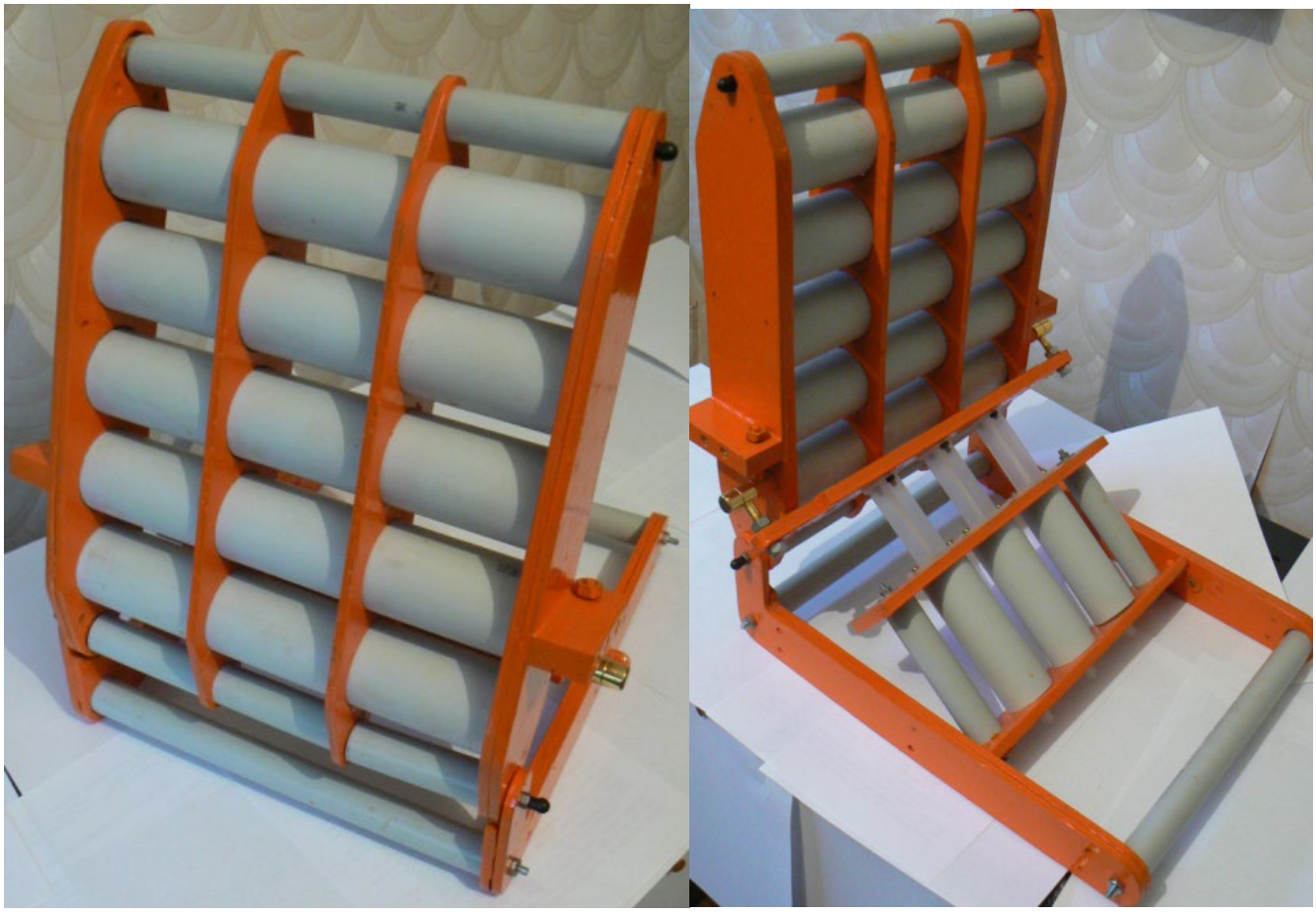


Рис. 9. Макет волновой станции.



Рис. 10. Поршневых насоса двухстороннего действия.

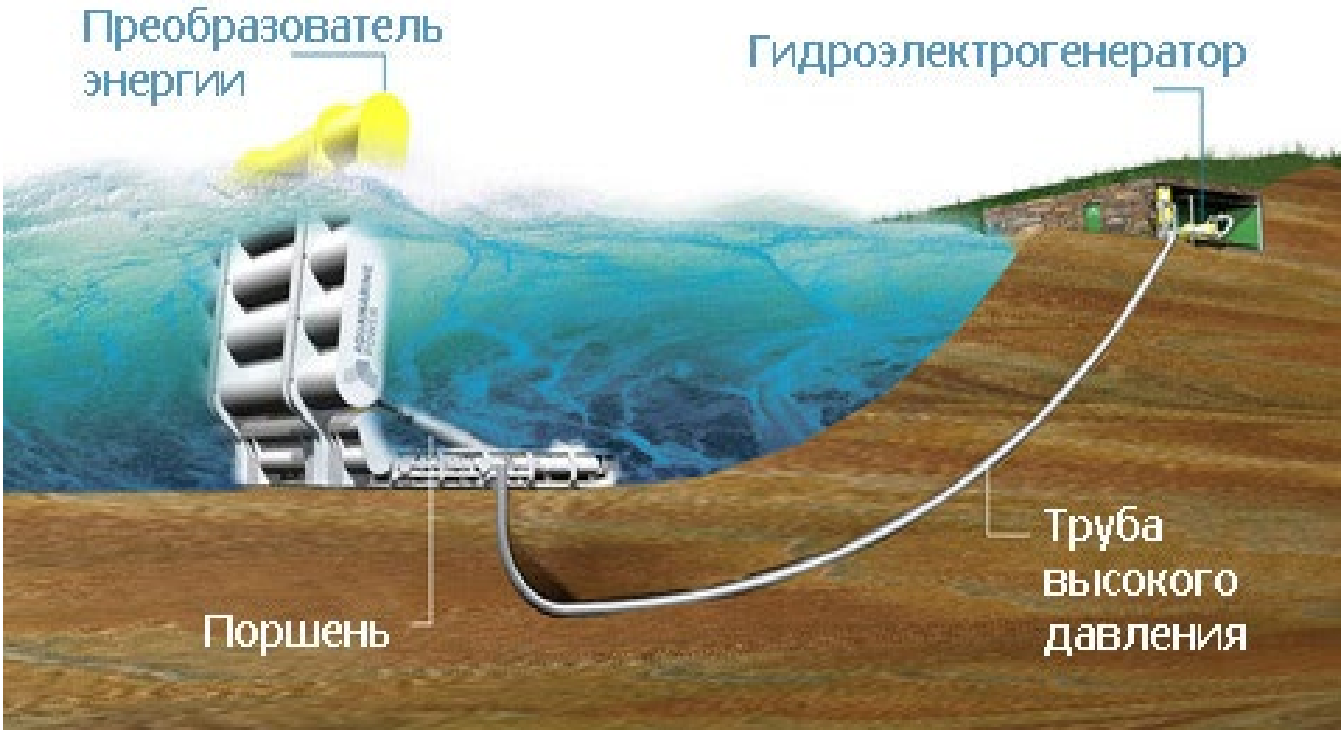


Рис. 11. Схема работы волновой электростанции «Устрица».



Рис. 12. Восьмиугольный японский накопительный водоём.



Рис. 13. Работа нижнего электрогенератора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы была разработана технология, позволяющая учитывать фактор выключения волновой станции по метеоусловиям в часы максимального потребления энергии, включением альтернативного источника (аккумулирующего бассейна с гидрогенераторами) , позволяющего накапливать гидроэнергию с минимальной затратой уже выработанной электроэнергии.

В результате исследований был предложен гибрид волновой электрической станции и гидроаккумулирующего бассейна с гидрогенераторами.

Волновая электростанция с гидроаккумулирующим бассейном имеет ряд достоинств:

- она может выдавать электроэнергию в часы пиковых нагрузок не зависимо от неблагоприятных метеоусловий;
- морская вода, нагнетаемая волновой станцией, дважды используется для выработки электроэнергии;
- при заполнении гидроаккумулирующего бассейна не затрачивается уже произведённая электроэнергия;
- при пиковых нагрузках можно увеличить выработку электроэнергии включением нескольких гидрогенераторов.

В ходе выполнение работы разработан макет волновой поплавковой станции с тремя поршневыми насосами двухстороннего действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. https://www.gismeteo.ru/news/science/mozhno-li-dobyvat-energiju-iz-morskih-voln/?ysclid=m6rnsbonaw290520363

2. http://www.ecorussia.info/ru/ecopedia/pelamis_wave_energy

3. https://electricalschool.info/energy/2750-energiya-morskih-vod.html

4. http://alternat-energo.ru/2008-12-25-03-03-47/25-2008-11-30-13-24-52.html

5. Методы покрытия пиков электрической нагрузки, под ред. Н. А. Караулова, М., 1963

6. Саввин Ю. М., Гидроаккумулирующие электростанции, М. — Л., 1966

7. http://evolutiontechnical.com/read/eco-technologies/ustritca_eto_ne_tolko_vkusno_no_i svetlo/

8. http://hontos.ru/tehnica/ustanovka-oyster-ispolzuet-volnyi-morya-dlya-vyirabotki-energii.

9. http://aenergy.ru/1154.

10. http://seawaterpower.com/